

TUGAS AKHIR - MN 141581

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN BAMBU LAMINASI UNTUK *DECK COVERING*, *CEILING*, DAN *LINING* KAPAL SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI KAYU

ASYROF MUZA FARUDDIN ZANKI
NRP. 4110 100 015

Dosen Pembimbing
Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

FINAL PROJECT - MN 141581

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF USING LAMINATED BAMBOO FOR *DECK COVERING*, *CEILING* AND SHIP *LINING* AS AN ALTERNATIVE OF WOOD SUBSTITUTION

ASYROF MUZA FARUDDIN ZANKI
NRP. 4110 100 015

Supervisor
Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.

Naval Architecture and Shipbuilding Department
Faculty of Marine Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN BAMBU LAMINASI UNTUK *DECK COVERING*, *CEILING*, DAN *LINING* KAPAL SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI KAYU

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ASYROF MUZA FARUDDIN ZANKI
NRP. 4110 100 015

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Sri Rejeki Wahyu Prabadi, S.T., M.T.

NIP. 1975 0814 200312 2 001

SURABAYA, JANUARI 2016

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN BAMBU LAMINASI UNTUK *DECK COVERING*, *CEILING*, DAN *LINING* KAPAL SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI KAYU

Nama : Asyrof Muza Faruddin Zanki
NRP : 4110 100 015
Jurusan : Teknik Perkapalan
Dosen Pembimbing : Sri Rejeki Wahyu Pribadi, ST., MT.

ABSTRAK

Permintaan dan kebutuhan interior di kapal mengalami peningkatan, dimana salah satu bahan baku interior kapal adalah kayu sedangkan di Indonesia terjadi kelangkaan kayu yang berdampak pada meningkatnya harga kayu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan bambu laminasi sebagai bahan baku alternatif pengganti kayu dan mengetahui biaya produksi bambu laminasi untuk kebutuhan *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal. Dalam melaksanakan penelitian tugas akhir ini, langkah pertama yang dilakukan adalah membuat contoh produk interior dengan metode laminasi bambu. Kedua, dilakukan pengujian bakar untuk mengetahui bahwa material memenuhi kriteria fire retardant. Ketiga, dilakukan analisa terhadap hasil perancangan dan pengujian produk yang telah dilakukan. Berdasarkan analisis teknis, diperoleh desain ukuran produk *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* dari bambu laminasi dengan luas penampang secara berurutan adalah 600x600x15 mm, 1200x600x6 mm, dan 1200x600x6 mm dengan sistem sambungan *interlocking*. Bambu laminasi termasuk dalam kayu kelas kuat II dan dari segi desain lebih tipis sehingga interior berbahan bambu laminasi lebih ringan dari produk berbahan baku kayu. Dari hasil analisa ekonomis, diperoleh biaya produksi bambu laminasi untuk kebutuhan *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal dengan total luasan secara berurutan 198.5093 m², 204.5593 m², dan 618.1866m² adalah Rp46.871.000,00, Rp13.140.000,00 dan Rp39.710.000,00. Biaya produksi kebutuhan *deck covering* menggunakan kayu jati adalah Rp85.359.000,00. Biaya produksi *ceiling* dan *lining* berbahan multipleks secara berurutan adalah Rp6.528.500,00 dan Rp19.728.500,00.

Kata kunci: Bambu Laminasi, *Deck Covering*, *Ceiling*, *Lining*, LCT

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF USING LAMINATED BAMBOO FOR DECK COVERING , CEILING AND SHIP LINING AS AN ALTERNATIVE OF WOOD SUBTITUTION

Author : Asyrof Muza Faruddin Zanki

ID No. : 4110 100 015

Departement : Naval Architecture and Ship Building

Supervisor : Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.

ABSTRACT

Need and demand for Ships interior has been increased, which one of its raw materials is wood, while in Indonesia scarcity of wood have an impact on the rising price of wood. The purpose of this Final Project is to understanding the ability of laminated bamboo as an alternative of wood and to determine cost production laminated bamboo for deck covering, ceiling, and ships lining. In this Final Project consist of three steps. Firstly, is creating interior product model base of laminated bamboo method. Secondly, fire test implemented on model to determine the fulfillment of fire retardant criteria. Thirdly, analyzing product design and test result. Based on technical analysis, obtained the design of product's principal dimension made of laminated bamboo (deck covering, ceiling, and lining). The products area are 600x600x15 mm, 1200x600x6 mm, and 1200x600x6 mm. with interlocking method. the laminated bamboo was very suitable as the raw material because it belong in class II of strong wood and have thinner design. Based on economic analysis, production cost of laminated bamboo for deck covering, ceiling, and lining in ship with total area of 198.5093 m², 204.5593 m², and 618.1866m² are Rp46.871.000,00, Rp13.140.000,00 and Rp39.710.000,00 respectively. Production cost of deck covering by using teak timber are Rp85.359.000,00. Production cost of ceiling and lining made of multiplex materials are Rp6.528.500,00 and Rp19.728.500,00.

Key words: Ship Interior, Laminated Bamboo, Deck Covering , Ceiling , Lining , LCT

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Teknis dan Ekonomis Penggunaan Bambu Laminasi untuk *Deck Covering*, *Ceiling*, dan *Lining* Kapal sebagai Alternatif Pengganti Kayu” yang merupakan salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini.

1. Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi Pribadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing terima kasih atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan selama ini.
2. Bapak Ir. Heri Supomo, M.Sc. atas ilmu dan kesabarannya dalam mengarahkan dan memberi nasehat kepada Penulis selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku koordinator bidang studi Industri Perkapalan.
4. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS.
5. Bapak Ir. Asjhar Imron, M.Sc., M.SE.,PED selaku dosen wali saya.
6. Bapak Ir. Soejitno, Bapak Hasanudin, S.T., M.T, Bapak Imam Baihaqi S.T, M.T, Bapak Mohammad Sholikhhan Arif S.T, M.T sebagai dosen penguji tugas akhir.
7. Kedua orang tua yang tiada henti-hentinya mendoakan Penulis dan memberikan dukungan baik moril maupun materiil.
8. Bapak Pardi dan Mas Joko Iswanto yang telah membantu Penulis dalam pembuatan produk *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* di Laboratorium Teknologi Produksi dan Manajemen Perkapalan.
9. Teman-teman angkatan 2010 (CAPTAIN-P50)
10. Teman-teman “ISTANA”, Gigih, Anam, Mukhlis, Azis, Danas yang telah memberikan hiburan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Mas Tito, Eka, Asmi, Beni, Ghozali, Bagus, Mahmud, Hendra dan teman-teman seperjuangan yang telah membantu selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
12. Anggraeni Afriliyantika S, terima kasih atas waktu, perhatian, dan dukungan yang tiada henti-hentinya diberikan kepada Penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dalam menyelesaikan tugas akhir ini terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Harapan penulis, semoga kelak ada usaha untuk penyempurnaan dari tugas akhir ini sehingga dapat bermanfaat bagi keilmuan perkapalan.

Surabaya, Januari 2016

Asyrof Muza F.Z.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN	2
1.4. BATASAN MASALAH	3
1.5. MANFAAT	3
1.6. HIPOTESIS	3
1.7. SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. BAMBU	5
2.1.1. Jenis Bambu.....	6
2.1.2. Sifat Fisis Bambu.....	8
2.1.3. Sifat Anatomi Bambu.....	9
2.1.4. Sifat Mekanis Bambu.....	10
2.1.5. Potensi Bambu Sebagai Pengganti Kayu	11
2.2. TEKNOLOGI BAMBU LAMINASI	13
2.2.1. Proses Pembuatan Bambu Laminasi.....	14
2.2.2. Keunggulan Bambu Laminasi	16
2.3. BAHAN PEREKAT	16
2.4. INTERIOR KAPAL.....	17
2.4.1. Deck Covering.....	18

2.4.2.	Ceiling.....	18
2.4.3.	Lining.....	20
2.4.4.	Bahan Baku Interior Kayu.....	21
2.5.	SAFETY OF LIFE AT SEA (SOLAS)	24
2.6.	BAHAN PENGHAMBAT API.....	25
2.7.	TEKNIK SAMBUNGAN KAYU.....	25
2.8.	BIAYA PRODUKSI.....	31
2.8.1.	Komponen Biaya Produksi.....	31
2.8.2.	Jenis-Jenis Biaya Produksi.....	32
2.9.	PENELITIAN TERKAIT BAMBU LAMINASI SEBELUMNYA.....	33
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1.	TAHAP STUDI LITERATUR.....	35
3.1.1	Studi Lapangan.....	35
3.1.2	Studi Kepustakaan.....	35
3.2.	TAHAP PEMBUATAN PRODUK.....	35
3.2.1	Tahap Perhitungan Kebutuhan Bambu untuk Pembuatan Contoh Produk.....	35
3.2.2	Tahap Perencanaan dan Proses Produksi.....	36
3.3.	TAHAP ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS.....	36
3.3.1	Tahap Pembuatan Contoh Produk <i>Deck Covering</i>	36
3.3.2	Tahap Pembuatan Contoh Produk <i>Ceiling dan Lining</i>	42
3.3.3	Tahap Pengujian Bakar Contoh Produk	44
3.3.4	Tahap Analisis Teknis	45
3.3.5	Tahap Analisis Ekonomis	45
3.4.	TAHAP KESIMPULAN DAN SARAN	45
3.5.	DIAGRAM ALIR PENELITIAN	46
BAB IV	PERANCANGAN PRODUK	47
4.1.	PEMILIHAN BAHAN BAKU	47
4.1.1	Bahan Baku <i>Deck Covering</i>	47
4.1.2	Bahan Baku <i>Ceiling dan Lining</i>	47
4.2.	PERANCANGAN BENTUK DAN UKURAN.....	47
4.2.1	Rancangan <i>Deck Covering</i>	47
4.2.2	Rancangan <i>Ceiling dan Lining</i>	48
4.3.	PERANCANGAN PRODUKSI.....	50

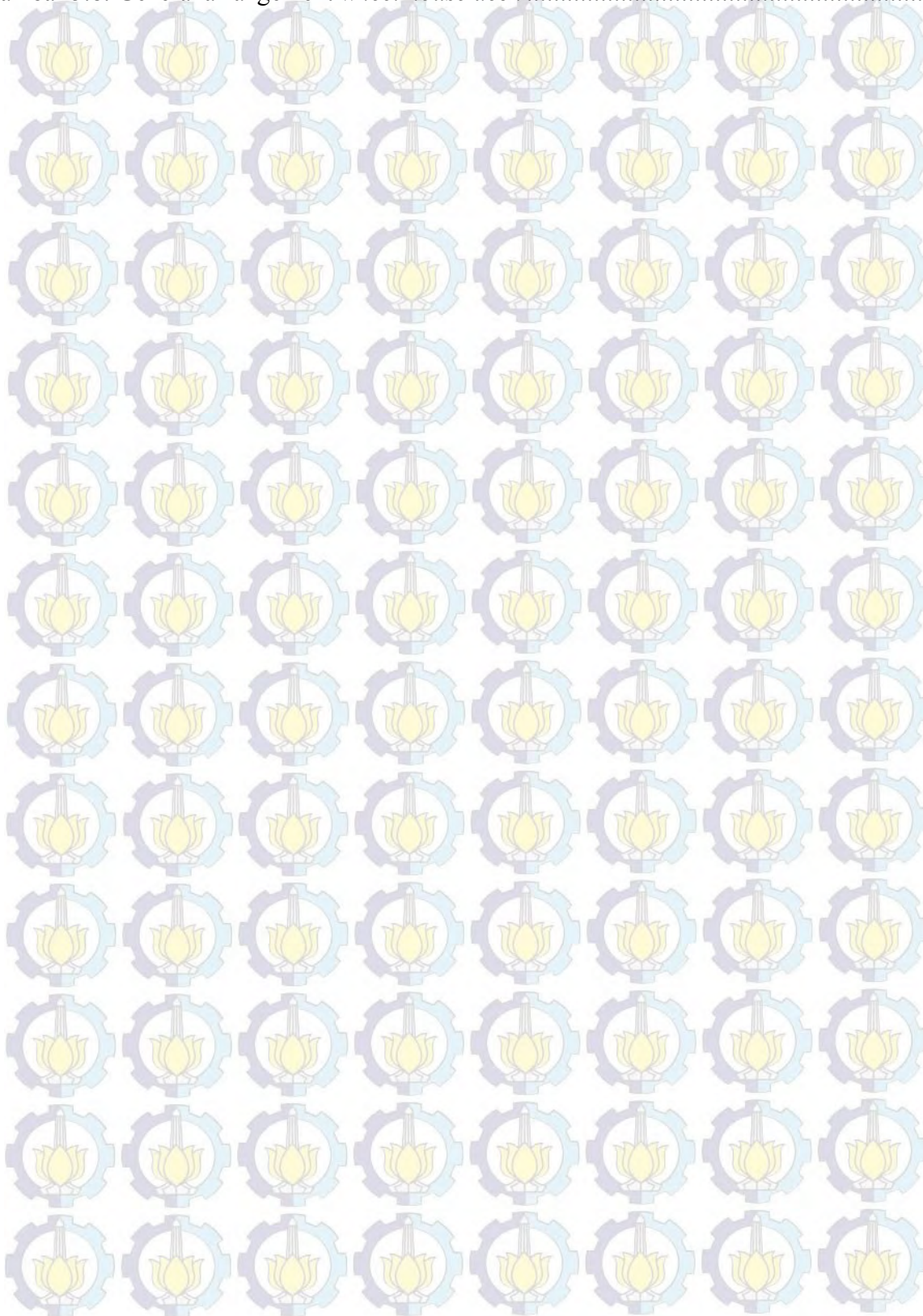
4.3.1	Perencanaan Proses Produksi	50
4.3.2	Standar Pengerjaan Produk	50
4.4.	PERANCANGAN MATERIAL FIRE RETARDANT	51
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		53
5.1.	ANALISIS TEKNIS	53
5.1.1	Analisis Teknis Produk	53
5.1.2	Analisis Tenis Proses Produksi.....	55
5.1.3	Analisis Ketahanan Terhadap Api	61
5.1.4	Keunggulan dan Kelebihan Produk Interior Berbahan Bambu Laminasi.....	63
5.1.5	Kebutuhan <i>Deck Covering</i> , <i>Ceiling</i> , dan <i>Lining</i> LCT	65
5.2.	ANALISIS EKONOMIS	69
5.2.1	Biaya Material	69
5.2.2	Biaya Tenaga Kerja.....	71
5.2.3	Biaya Pembuatan Contoh Produk	72
5.2.4	Perbandingan Biaya Penggunaan Bambu Laminasi dan Kayu untuk <i>Deck Covering</i> , <i>Ceiling</i> , dan <i>Lining</i> Kapal LCT	74
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		77
6.1.	KESIMPULAN.....	77
6.2.	SARAN	78
DAFTAR PUSTAKA.....		79
LAMPIRAN		
BIOGRAFI PENULIS		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta persebaran tanaman bambu di Indonesia	5
Gambar 2.2. Bambu Monopodial	6
Gambar 2.3. Bambu Simpodial.....	6
Gambar 2.4. Tanaman bambu Petung.....	7
Gambar 2.5. Tanaman bambu Ori.....	8
Gambar 2.6. Anatomi bambu	9
Gambar 2.7. Potongan Bambu	10
Gambar 2.8. Grafik tegangan-regangan bambu dan baja.....	11
Gambar 2.9. Pagar bambu	12
Gambar 2.10. Potongan melintang batang bambu yang di proses menjadi bilah.....	13
Gambar 2.11. Proses kempa dingin	15
Gambar 2.12. Cafetaria kapal pesiar	17
Gambar 2.13. Rancangan <i>deck covering</i> kapal.....	18
Gambar 2.14. Desain interior <i>ceiling</i> kapal.....	19
Gambar 2.15. Desain interior <i>lining</i> kapal	20
Gambar 2.16. Kayu jati gelondong	21
Gambar 2.17. Particle board	22
Gambar 2.18. MDF (Medium Density Fibreboard).....	23
Gambar 2.19. Blockboard.....	23
Gambar 2.20. Plywood.....	24
Gambar 2.21. Bentuk sambungan kayu	26
Gambar 2.22. Bentuk sambungan kayu sudut	26
Gambar 2.23. Bentuk sambungan kayu sudut adumanis	26
Gambar 2.24. Bentuk sambungan lapis sederhana	27
Gambar 2.25. Bentuk sambungan lapis silang.....	27
Gambar 2.26. Bentuk sambungan lapis sudut	27
Gambar 2.27. Bentuk sambungan lapis silang.....	27
Gambar 2.28. Bentuk sambungan tepi	28

Gambar 2.29. Bentuk sambungan tepi lidah	28
Gambar 2.30. Bentuk sambungan tepi lidah lepas	28
Gambar 2.31. Bentuk sambungan alur menerus.....	28
Gambar 2.32. Bentuk sambungan alur ekor burung.....	29
Gambar 2.33. Bentuk sambungan alur tidak menerus.....	29
Gambar 2.34. Macam-macam sambungan purus	30
Gambar 2.35. Bentuk sambungan jari lurus.....	30
Gambar 2.36. Bentuk sambungan pasak.....	30
Gambar 2.37. Sambungan ekor.....	31
Gambar 3.1. Potongan bambu Petung	37
Gambar 3.2. Bilahan bambu Petung.....	38
Gambar 3.3. Pengawetan tradisional	38
Gambar 3.4. Pengeringan bilah bambu.....	39
Gambar 3.5. Proses penipisan menggunakan mesin planar	39
Gambar 3.6. Proses perataan menggunakan mesin handplanar	40
Gambar 3.7. Metode susunan papan laminasi.....	40
Gambar 3.8. Proses pencampuran lem epoxy	41
Gambar 3.9. Papan bambu laminasi	41
Gambar 3.10. <i>Deck covering</i> bambu laminasi	42
Gambar 3.11. Bambu anyaman sebagai bahan baku produk <i>ceiling</i> dan <i>lining</i>	43
Gambar 3.12. Bambu sayatan	43
Gambar 3.13. Produk interior <i>ceiling</i> dan <i>lining</i>	44
Gambar 3.14. Uji bakar.....	45
Gambar 3.15. Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 4.1. Bentuk dan Ukuran <i>Deck Covering</i> Bambu Laminasi	48
Gambar 4.2. <i>Deck Covering</i> Berbahan Bambu Laminasi.....	48
Gambar 4.3. Bentuk dan Ukuran <i>Ceiling</i> dan <i>Lining</i> Bambu Laminasi.....	49
Gambar 4.4. <i>Ceiling</i> dan <i>Lining</i> Berbahan Bambu Laminasi	49
Gambar 4.5 Alur Proses Produksi	50
Gambar 5.1. Hasil Uji Tarik.....	53
Gambar 5.2. Hasil Uji Tekan	54
Gambar 5.3. Grafik Intensitas Bakar Bambu Laminasi.....	62
Gambar 5.4. Grafik Intensitas Bakar Kayu Jati.....	62

Gambar 5.5. General arrangement LCT Adinda Gitta.....	65
Gambar 5.6. General arrangement <i>poop deck</i>	65
Gambar 5.7. General arrangement <i>main deck</i>	66
Gambar 5.8. General arrangement <i>wheel house deck</i>	67



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Standar Pengerjaan Papan Bambu laminasi	51
Tabel 4.2.	Hasil Uji Bakar Bambu Laminasi	52
Tabel 4.3.	Hasil Uji Bakar Kayu Jati.....	52
Tabel 5.1.	Perbandingan kelas kuat dan kelas awet antara <i>plywood</i> dan bampu laminasi	54
Tabel 5.2.	Perbandinganan antara <i>deck covering</i> jenis parquet dan bambu laminasi	55
Tabel 5.3.	Spesifikasi kualitas bambu	57
Tabel 5.4.	Perbandingan Proses Fabrikasi <i>Plywood</i> dan Bambu Laminasi.....	60
Tabel 5.5.	Proses pembuatan <i>deck covering</i> berbahan bambu dan kayu.....	61
Tabel 5.6.	Proses pembuatan <i>ceiling</i> , dan <i>lining</i> bambu laminasi dan plywood	61
Tabel 5.7.	Keunggulan Produk Interior Bambu Laminasi.....	63
Tabel 5.8.	Perbandingan Berat Bambu Laminasi dan Kayu Jati	64
Tabel 5.9.	Perhitungan kebutuhan material di <i>poop deck</i>	66
Tabel 5.10.	Perhitungan kebutuhan material di <i>main deck</i>	67
Tabel 5.11.	Perhitungan kebutuhan material di <i>wheel house deck</i>	68
Tabel 5.12.	Kebutuhan <i>deck covering</i> , <i>ceiling</i> , dan <i>lining</i>	68
Tabel 5.13.	Kebutuhan <i>deck covering</i> , <i>ceiling</i> , dan <i>lining</i>	69
Tabel 5.14.	Kebutuhan <i>deck covering</i> , <i>ceiling</i> , dan <i>lining</i>	69
Tabel 5.15.	Biaya Material Laminasi Bambu setiap 1 m ³	70
Tabel 5.16.	Jumlah Batang, Bilah,dan Lonjor Bambu	71
Tabel 5.17.	Total Waktu Yang Dibutuhkan	71
Tabel 5.18.	Waktu Pengerjaan Bambu Laminasi Dalam Jam.....	72
Tabel 5.19.	Perbandingan Harga <i>Deck Covering</i> Bambu Laminasi dengan Kayu	73
Tabel 5.20.	Perhitungan harga pokok produk <i>ceiling</i> dan <i>lining</i>	73
Tabel 5.21.	Perbandingan Harga <i>Ceiling</i> dan <i>Lining</i>	73
Tabel 5.22.	Perbandingan Biaya Penggunaan Material <i>Deck Covering</i>	74
Tabel 5.23.	Perbandingan Biaya Penggunaan Material <i>Ceiling</i>	74
Tabel 5.24.	Perbandingan Biaya Penggunaan Material <i>Lining</i>	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Kebutuhan material kayu semakin meningkat seiring dengan meningkatnya sifat konsumtif manusia. Hal ini berdampak buruk kepada persediaan kayu dunia. Pengaruh langsung membuat harga kayu dipasaran yang semakin hari semakin mahal. Banyak habitat dan spesies berada di bawah ancaman serius akibat *deforestasi*.. Saat ini kondisi hutan di Indonesia sangat memperhatikan. Kerusakan hutan di Indonesia yang sangat parah telah mengganggu kelestarian lingkungan hidup. Hal ini menimbulkan dampak secara langsung akan ketersediaan bahan baku alami (kayu) yang mulai langka.

Semakin mahalnya harga kayu sebagai bahan baku interior kapal tidak seiring dengan permintaan pemilik kapal yang menginginkan kapal pesanannya dibangun dengan bahan baku kualitas baik dengan harga murah. Menurut informasi dari Bapak Tono salah satu pengusaha kayu di Rembang, harga kayu Merbau yang sudah diolah mencapai harga 16 juta per meter kubik. Bahkan harga kayu Jati jauh lebih mahal mencapai 25 juta per meter kubik. Material interior biasa digunakan pada ruang akomodasi pada rumah geladak. Salah satu bagian konstruksi pada rumah geladak yang sangat diperhatikan yaitu lantai, langit-langit, dan dinding dalam istilah dunia maritim biasa dikenal *deck covering*, *ceiling*, dan *lining*. Lantai (*deck covering*) selain berfungsi sebagai penutup ruang bagian bawah, lantai berfungsi sebagai pendukung beban dan benda-benda yang ada di atasnya sehingga dibutuhkan material yang bagus dan kuat. Langit-langit (*ceiling*) berfungsi sebagai pelindung (penutup) atap dan sekaligus sebagai pembentuk ruang dengan bidang yang ada di bawahnya, *ceiling* juga sebagai penunjang unsur dekorasi ruang dalam yang dapat memperlihatkan sifat/kesan ruang tertentu dan dinikmati langsung oleh ABK kapal. Dinding (*lining*) berfungsi sebagai pembatas ruangan. Material *lining* sangat berpengaruh pada kesan ruangan. Pemilik kapal sangat memperhatikan ketiga hal tersebut untuk kenyamanan ABK. Namun permintaan pemilik kapal menginginkan desain ruangan dengan biaya murah namun tetap terkesan mewah.

Dalam upaya mengatasi permasalahan di atas, perlu dikembangkan teknologi bahan alternatif pengganti kayu. Salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti

kayu adalah bambu. Bambu merupakan tumbuhan masa depan yang mudah ditanam dan tidak memerlukan pemeliharaan secara khusus. Untuk melakukan budidaya bambu tidak diperlukan investasi yang besar. Hasilnya dapat diperoleh secara menerus tanpa menanam lagi, karena bambu tumbuh berkembang dari tunas. Bambu memiliki banyak keunggulan dari segi ekonomi, sifat mekanis, maupun segi estetika. Masa panen bambu tidak membutuhkan waktu yang lama. Bambu siap dipanen dalam usia 3-5, sedangkan masa panen kayu dalam usia 10-15 tahun. Dengan permasalahan tersebut dilakukan penelitian tentang Analisis Teknis dan Ekonomis Penggunaan Bambu Laminasi untuk *Deck Covering*, *Ceiling*, dan *Lining* Kapal sebagai Alternatif Pengganti Kayu. Sehingga akan diperoleh nilai ekonomis bambu laminasi yang nantinya dapat dijadikan sebagai acuan dalam memilih bahan alternatif pengganti kayu dan dapat menghemat biaya pembuatan kapal.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang masalah pada subbab sebelumnya, pokok permasalahan yang terdapat dalam Tugas Akhir ini meliputi:

1. Bagaimana kondisi penggunaan material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* dalam industri perkapalan saat ini?
2. Bagaimana desain bambu laminasi untuk *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal?
3. Bagaimana tingkat ketahanan api material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* berbahan bambu laminasi?
4. Bagaimana nilai ekonomis penggunaan bambu laminasi dibandingkan kayu sebagai material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal?

1.3. TUJUAN

Berdasarkan uraian latar belakang masalah pada subbab sebelumnya, pokok permasalahan yang terdapat dalam Tugas Akhir ini meliputi:

- 1 Menentukan bahwa bambu laminasi dapat digunakan untuk *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal.
- 2 Memperoleh desain *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* yang praktis di kapal.
- 3 Menentukan tingkat ketahanan api material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* berbahan bambu laminasi.
- 4 Menentukan nilai ekonomis penggunaan bambu laminasi untuk *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal.

1.4. BATASAN MASALAH

Pada Tugas Akhir ini diperlukan batasan-batasan guna efektivitas perhitungan dan proses penyusunan laporan. Batasan-batasan tersebut antara lain:

1. Bambu yang digunakan untuk pembuatan contoh produk *deck covering* adalah jenis bambu Betung (*Dendrocalamus asper*).
2. Bambu yang digunakan untuk pembuatan contoh produk *ceiling* dan *lining* adalah jenis bambu Ori (*Bambusa arundinacea*).
3. Lem yang digunakan adalah lem epoxy.
4. Bahan penghambat api yang digunakan adalah natrium silikat (*water glass*).

1.5. MANFAAT

Hasil dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang konkrit, khususnya kepada pihak-pihak yang terkait, antara lain:

1. Bagi akademisi, sebagai wawasan baru yang dapat memacu para ahli dan peneliti untuk menggali lebih dalam mengenai manfaat penggunaan bambu untuk material interior (*deck covering*, *ceiling*, dan *lining*) sebagai pengganti bahan baku alternatif di kapal.
2. Bagi praktisi, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi :
 - a. Pemilik kapal: harga interior yang lebih murah dan kualitas yang lebih baik.
 - b. Galangan kapal: lebih menghemat waktu dan biaya produksi kapal.
 - c. Pelaku industri: peluang usaha yang menjanjikan untuk dikembangkan.

1.6. HIPOTESIS

Hipotesis pada penelitian ini adalah bambu laminasi layak digunakan untuk material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal sebagai alternatif pengganti bahan baku kayu dan harganya lebih murah.

1.7. SISTEMATIKA PENULISAN

Laporan Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian secara umum dan singkat yang meliputi latar belakang masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari Tugas Akhir yang disusun.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan tentang berbagai referensi dan teori yang terkait dengan judul penelitian yang meliputi gambaran umum bambu, teknologi bambu laminasi, interior kapal, bambu laminasi sebagai material komposit, standarisasi bambu dalam bidang konstruksi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi langkah-langkah selama penelitian, mulai dari tahap persiapan, pembuatan contoh produk, langkah pengujian, analisis data hasil pengujian, sampai pembahasan dan penarikan kesimpulan.

BAB IV PERANCANGAN PRODUK

Bab ini berisi proses perancangan bahan baku produk, bentuk dan ukuran produk, standar pengerjaan, proses produksi, dan perancangan material *fire retardant*.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan permasalahan dan studi komparatif dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, serta rekomendasi dan saran untuk penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. BAMBU

Bambu merupakan tanaman jenis rumput-rumputan dengan rongga dan ruas di batangnya. Tanaman bambu mudah dijumpai di Indonesia terutama di Jawa, Bali, Sulawesi Selatan, dan Sumatera. Selain mudah dibudidayakan, juga memiliki jumlah produksi yang tinggi yaitu sekitar 33,4-109,2 ton/ha/tahun (Dransfield and Widjaja, 1995) dengan masa panen yang cukup singkat yaitu berkisar 1-3 tahun serta dapat dipanen sepanjang tahun sehingga kontinuitas bahan baku ini selalu terjaga. Indonesia memiliki luas areal hutan bambu yang sangat luas. Peta persebaran tanaman bambu di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.1. Luas hutan bambu tersebar di berbagai propinsi di Indonesia dengan luas total sekitar 164.312,36 ha (Departemen Perindustrian dan Perdagangan, 2001).



Gambar 2.1. Peta persebaran tanaman bambu di Indonesia

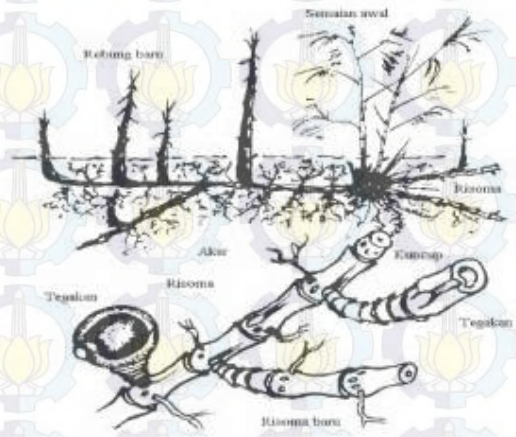
(sumber: www.dephut.go.id)

Secara umum bambu merupakan material yang bersifat *orthotropic*, yaitu memiliki sifat yang berbeda pada 3 arah sumbu: longitudinal, radial, dan tangensial. Akan tetapi, bambu juga merupakan material yang bersifat *biological*. Perbedaan dan ketidakkonsistenan sifat karakteristik bambu disebabkan beberapa faktor, antara lain: jenis bambu, umur bambu, keadaan tanah, keadaan lingkungan, dan bagian batang bambu. Berdasarkan pertumbuhannya, bambu dapat dibedakan dalam dua kelompok besar, yaitu bambu *simpodial* dan bambu *monopodial*. Bambu *simpodial* seperti pada Gambar 2.2 tumbuh dalam bentuk rumpun, setiap rhizome hanya akan

menghasilkan satu batang bambu, bambu muda tumbuh mengelilingi bambu yang tua. Bambu *simpodial* tumbuh di daerah tropis dan subtropis, sehingga hanya jenis ini saja yang dapat dijumpai di Indonesia. Bambu *monopodial* seperti yang tampak pada Gambar 2.3 berkembang dengan *rhizome* yang menerobos ke berbagai arah di bawah tanah dan muncul ke permukaan tanah sebagai tegakan bambu yang individual.



Gambar 2.2. Bambu Monopodial
(sumber: Widjaja, 2001)



Gambar 2.3. Bambu Simpodial
(sumber: Widjaja, 2001)

Bambu merupakan tanaman yang serba guna, mulai dari akar sampai daunnya dapat dimanfaatkan. Tunas mudanya (rebung) dapat dijadikan bahan makanan dan telah dimanfaatkan menjadi makanan kaleng, sedangkan daunnya dapat dijadikan sebagai pembungkus makanan. Akarnya yang kuat dapat dijadikan sebagai bahan kerajinan dan bahan pertanian. Selain itu, tanaman bambu dapat dijadikan sebagai tanaman konservasi karena mempunyai daya dukung terhadap lingkungan yang tinggi.

2.1.1. Jenis Bambu

1. Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*)

Bambu petung atau *Dendrocalamus asper* adalah salah satu jenis bambu yang memiliki ukuran lingkaran batang yang cukup besar dan termasuk ke dalam suku rumput-rumputan seperti yang terlihat pada Gambar 2.4. Bambu petung memiliki nama lokal yang berbeda di setiap wilayah di Indonesia seperti sebutan awi bitung (Sunda), pring petung (Jawa), awo petung (Bugis), dan bambu swanggi (Papua). Bambu betung masih berkerabat dekat dengan bambu sembilang, bambu batu, dan bambu taiwan.



Gambar 2.4. Tanaman bambu Petung

(Sumber: bamboeindonesia.wordpress.com)

Tumbuhan bambu betung yang masih muda ditutupi oleh lapisan berwarna coklat dan bertekstur seperti kain beludru. Tinggi bambu betung dapat mencapai 10 kaki sedangkan lingkar batangnya dapat mencapai 8 inchi. Bambu betung memiliki batang berkayu dan berdinding tebal yaitu antara 11 sampai 20 mm. Bagian batang bambu betung bagian bawah terdapat node dan terdapat akar udara. Batang bambu betung terdiri dari ruas-ruas, panjang setiap ruas bambu antara 20 hingga 45 cm serta berwarna hijau pucat dan tertutup rambut coklat pendek. Daun tumbuhan ini berbentuk tombak dengan panjang sekitar 15 cm hingga 30 cm dan lebarnya antara 10 mm hingga 25 mm.

Bambu petung dapat tumbuh lebih baik dengan sinar matahari penuh, dan suhu minimum supaya dapat tumbuh dengan baik adalah 25 °F. Habitat tanaman ini adalah pada ketinggian rendah sampai 1.500 m. Bambu betung tumbuh subur terbaik pada ketinggian 400–500 mdpl di daerah dengan curah hujan tahunan rata-rata sekitar 2.400 mm. Tanaman ini tumbuh dengan baik pada berbagai jenis tanah, bahkan di tanah berpasir dan agak asam, tapi lebih tumbuh dengan baik di daerah dengan tanah kering dan berat.

Bambu Petung memiliki banyak manfaat seperti digunakan sebagai bahan bangunan dan kayu struktural untuk konstruksi berat seperti rumah dan jembatan. Ruas batang bambu betung digunakan sebagai wadah untuk air dan cairan lainnya, dan sebagai alat memasak. Bambu ini juga digunakan untuk membuat papan laminasi, furnitur, alat musik, sumpit, peralatan rumah tangga dan kerajinan. Batang bambu petung yang masih muda dapat dimakan dan memiliki rasa yang enak.

2. **Bambu Ori (*Bambusa arundinacea*)**

Bambu ori atau *Bambusa arundinacea* adalah salah satu jenis bambu yang memiliki ukuran lingkaran batang yang lebih kecil dari bambu petung dan termasuk ke dalam suku rumput-rumputan. Pada Gambar 2.5 adalah bentuk tanaman bambu Ori yang memiliki diameter lebih kecil dari bambu Petung dan pertumbuhannya sangat rapat. Bambu ori banyak tumbuh di daerah tropis dan untuk wilayah Indonesia dapat ditemukan sebagian besar di Jawa, Sumatera, Kalimantan, Bali, dan Sulawesi. Tumbuhan bambu ori memiliki tinggi yang bisa mencapai 30 meter, dinding batang bambu ori cukup tebal dan memiliki batang yang berbulu. Bambu ini tumbuh subur di tanah basah sepanjang sungai.



Gambar 2.5. Tanaman bambu Ori
(Sumber: bamboeindonesia.wordpress.com)

Bambu Ori memiliki banyak manfaat seperti rebungnya (sayuran), daunnya (makanan ternak), dan bibitnya (bahan makanan sekunder) sampai dengan batangnya (keperluan rumah tangga dan bahan dasar bangunan). Jenis ini berguna sebagai pengendali banjir bila ditanam disepanjang sungai dan pelindung tanaman dari angin kencang. Batangnya dipakai untuk industri pulp, kertas dan kayu lapis. Jenis ini juga dapat dipakai sebagai bahan dasar pembuatan semir sepatu, lem perekat, kertas karbon dan kertas kraft tahan air. Rendaman daun bambunya dipakai untuk penyejuk mata dan mengobati penyakit (bronkitis, demam, dan gonorrhoea).

2.1.2. **Sifat Fisis Bambu**

1. **Kadar air**

Kadar air bambu adalah banyaknya air dalam sepotong bambu yang dinyatakan sebagai prosentase dari berat kering tanurnya. Kandungan dalam bambu bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang dan tergantung pada umur bambu, waktu penebangan, tempat tumbuh, dan jenis bambu. Kondisi udara di Indonesia termasuk lembab karena terletak di daerah tropis dan berupa negara kepulauan. Kelembaban relatifnya berkisar 60% - 80% dengan temperature 18° - 35° C pada musim kemarau. Kondisi ini berbeda-

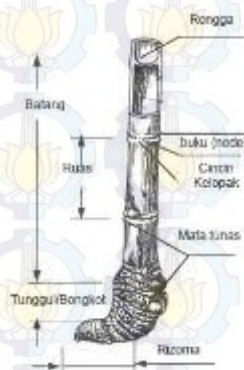
beda, bergantung pada letak geografis dan tinggi daerah dari permukaan laut. Bila nilai kelembaban relative dan temperature dihubungkan, titik keseimbangan kayu di Indonesia berkisar 12 % - 20 %, bergantung pada jenis kayu (Prayitno, 2008 dan Morisco, 2008).

2. Kerapatan (*Density*)

Berat jenis adalah nilai perbandingan antara kerapatan suatu benda dengan kerapatan benda standar pada volume yang sama. Kerapatan adalah perbandingan massa suatu benda dengan volumenya. Menurut Soenardi (1976) dalam Hidayati (2008), berat jenis dan kerapatan kayu atau bambu merupakan faktor yang menentukan sifat –sifat kayu dan atau bambu. Menurut Liese (1980) dalam Pambudi (2002), berat jenis bambu berkisar antara 0,5 - 0,9 gr/cm³. Variasi berat jenis terjadi baik arah vertikal maupun horizontal. Batang bambu bagian luar mempunyai berat jenis lebih tinggi daripada bagian dalam, sedangkan pada arah memanjang berat jenis meningkat dari pangkal ke ujung.

2.1.3. Sifat Anatomi Bambu

Sifat anatomi berpengaruh terhadap sifat fisika dan sifat mekanika bambu. Batang bambu terdiri dari 50 % parenkim, 40 % serat, dan 10 % jaringan penyalur (pori dan saluran pembuluh) dengan variasi tergantung kepada spesiesnya. Sel-sel parenkim dan pembuluh tapis sebagian besar terdapat pada 1/3 tebal batang bagian dalam, sedangkan serat terdapat pada 1/3 tebal batang bagian luar (Liese, 1985 dalam Hidayati, 2008). Pada Gambar 2.6 dapat dilihat anatomi tanaman bambu.



Gambar 2.6. Anatomi bambu
(sumber: www.bambuawet.com)

Bambu mempunyai potongan melintang sebagai berikut:

1. Kulit luar

Kulit luar adalah bagian yang paling luar atau paling atas, biasanya berwarna hijau atau hitam. Tebal kulit bambu relatif seragam pada sepanjang batang yaitu kurang lebih satu

milimeter, sifatnya keras dan kaku. Maka dari itu bambu yang tipis akan mempunyai porsi kulit besar, sehingga kekuatan rata-ratanya tinggi, sedangkan pada bambu tebal berlaku sebaliknya.

2. Bambu bagian luar

Bagian ini terletak di bawah kulit atau di antara kulit luar dan bagian tengah. Tebal bagian ini kurang lebih satu milimeter, sifatnya keras dan kaku.

3. Bagian tengah

Bagian tengah terletak di bawah luar atau antara bagian luar dan bagian dalam, disebut juga daging bambu. Tebalnya kurang lebih $\frac{2}{3}$ dari tebal bambu, seratnya padat dan elastis. Untuk bagian tengah yang paling bawah sifat seratnya agak kasar.

4. Bagian dalam

Bagian dalam adalah bagian yang paling bawah dari tebal bambu, sering disebut pula hati bambu. Sifat serat bagian dalam cukup kaku dan mudah patah. Bagian-bagian pada bambu dapat dilihat pada Gambar 2.7.



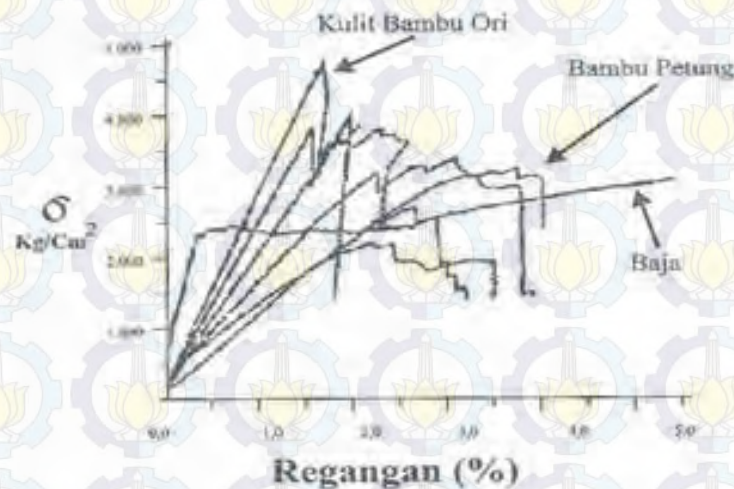
Gambar 2.7. Potongan Bambu
(sumber: Widjaja, 2001)

2.1.4. Sifat Mekanis Bambu

1. Kuat tarik

Kuat tarik merupakan ketahanan suatu benda menahan gaya luar yang berupa gaya tarik yang bekerja pada benda tersebut. Morisco pada tahun 1994 - 1999 telah melakukan pengujian terhadap kuat tarik bambu. Hasil yang didapatkan kuat tarik kulit bambu ori cukup tinggi yaitu hampir mencapai 5000 kg/cm^2 , atau sekitar dua kali tegangan luluh baja, sedang kuat tarik rata-rata bambu petung juga lebih tinggi dari tegangan luluh baja,

hanya satu specimen yang mempunyai kuat tarik lebih rendah dari tegangan luluh baja. Adapun hasil uji dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8. Grafik tegangan-regangan bambu dan baja
(Sumber: morisco, 1999)

2. Kuat tekan

Kuat tekan sejajar serat merupakan kemampuan benda untuk menahan gaya luar yang datang pada arah sejajar serat yang cenderung memperpendek atau menekan bagian – bagian benda secara bersama – sama (Syafii, 1984 dalam Pambudi, 2002). Dalam penelitian Morisco pada tahun 1994-1999 di dapat bahwa kuat tekan salah satu jenis bambu, yaitu bambu petung ialah 548MPa pada ujung batang.

3. Kuat geser

Kuat geser sejajar serat merupakan kemampuan benda untuk menahan gaya dari luar yang datang pada arah sejajar serat yang cenderung menekan bagian-bagian benda secara tidak bersama-sama atau dalam arah yang berbeda. Kuat geser bambu sangat kecil jika dibandingkan dengan kuat tarik dan kuat tekan bambu.

4. Kuat lentur

Kuat lentur adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan batang bambu atau menahan muatan mati atau hidup. Karena bambu merupakan bahan yang elastis, maka lendutan yang terjadi sesuai kekuatan bahan menjadi agak tinggi (rata-rata 1/20).

2.1.5. Potensi Bambu Sebagai Pengganti Kayu

Perkembangan jumlah penduduk mengakibatkan naiknya kebutuhan perumahan, yang juga berarti meningkatnya kebutuhan kayu, apalagi kalau dilihat bahwa kayu dalam bentuk kayu lapis

juga dipakai sebagai sumber devisa negara. Dengan memperhatikan kekuatan bambu yang tinggi, dan bambu dengan kualitas yang baik dapat diperoleh pada umur 3-5 tahun, suatu kurun waktu yang relatif singkat, serta mengingat bahwa bambu mudah ditanam, dan tidak memerlukan perawatan khusus, bahkan sering dijumpai di desa-desa, rumpun bambu yang sudah dibakar pun masih dapat tumbuh lagi, maka bambu mempunyai peluang yang besar untuk menggantikan kayu yang baru siap ditebang setelah berumur sekitar 30 – 50 tahun. Sejak ratusan tahun, bambu telah digunakan sebagai bahan konstruksi masyarakat Indonesia. Diantaranya bambu dianyam untuk dijadikan dinding rumah-rumah tradisional, potongan bilah-bilahnya digunakan sebagai kerangka atap untuk disisipi genteng yang biasa disebut reng yang masih banyak dijumpai di wilayah Jawa. Saat ini bambu juga digunakan sebagai sumpit, kerajinan, pulp, arang bambu, furnitur dan peralatan rumah tangga. Pada Gambar 2.9 dapat dilihat pagar rumah menggunakan bahan baku bambu.



Gambar 2.9. Pagar bambu

(Sumber: *desainic.com*)

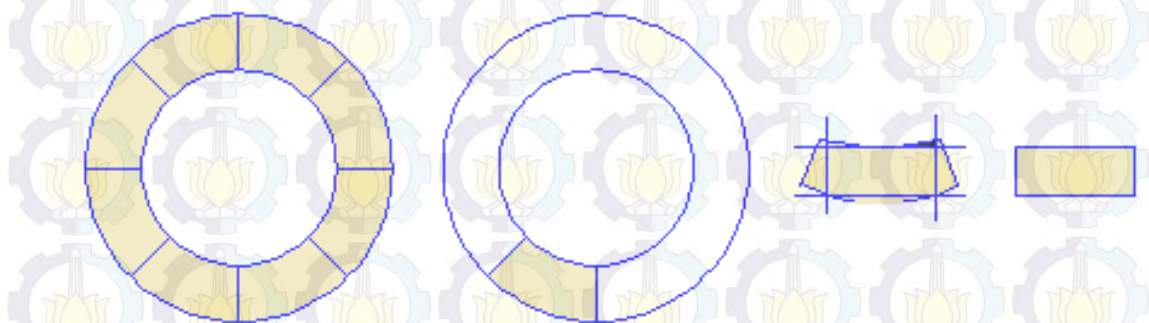
Dilihat dari sisi produktivitas, bambu memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan kayu. Salah satunya dari segi usia panen. Kayu hutan memiliki jangka waktu tumbuh yang panjang hingga puluhan tahun sampai siap „dipanen“ berbeda halnya dengan bambu yang cukup memerlukan waktu antara 3-5 tahun untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi. Namun demikian, bambu memiliki sifat yang tidak tahan lama sehingga penggunaan untuk tujuan konstruksi hanya bersifat temporer. Tanaman bambu dapat tumbuh pada dataran rendah dan tumbuh baik pada semua jenis tanah. Iklim yang ideal untuk pertumbuhan bambu memiliki suhu sekitar 36°C dan kelembaban 80%. Kondisi ini pada dasarnya dapat dengan mudah ditemui di

Indonesia. Dilihat dari aspek kekuatan dan ketahanan, bambu memiliki sifat yang tidak kalah dengan kayu.

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang ada saat ini kelemahan bambu dapat direkayasa dan diatasi yaitu modifikasi dari bambu agar memiliki sifat-sifat yang memenuhi standar minimum bahan bangunan sebagai pengganti kayu. Teknologi modifikasi ini menggunakan perekat resin atau semen dan menggunakan metode pres panas atau pres dingin dapat dihasilkan produk bahan bangunan alternatif yang bahkan mampu menandingi kekuatan kayu.

2.2. TEKNOLOGI BAMBU LAMINASI

Bambu memiliki batang silinder asimetris dengan ukuran diameter yang mengecil dimulai dari bagian pangkal hingga ke ujung batang. Namun demikian, teknik perekatan memungkinkan penggabungan antara beberapa elemen yang tidak seragam menjadi satu kesatuan. Dalam hal ini, terlebih dahulu bambu diproses menjadi bilah berbentuk batang prismatis dengan potongan melintang berupa persegi yang diilustrasikan pada Gambar 2.10, dimana bambu utuh dipecah secara memanjang dan kemudian semua sisi diratakan, sehingga dihasilkan bilah bambu yang seragam.



Gambar 2.10. Potongan melintang batang bambu yang di proses menjadi bilah

Bambu laminasi pada awalnya didasari oleh pemikiran dari balok *glulam*. Bambu laminasi merupakan balok/papan yang terdiri dari susunan bilah bambu yang melintang dengan diikat oleh perekat tertentu. Pada tahun 1942 bambu laminasi telah digunakan sebagai papan ski di daerah Amerika Serikat. Seiring dengan perkembangan teknologi, bambu laminasi telah dapat digunakan sebagai lantai, kursi, dan furnitur lainnya. Balok laminasi ini memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibanding balok biasa, karena pada proses pembuatannya bambu tersebut sudah disortir terlebih dahulu untuk mengurangi bagian yang tidak bagus.

2.2.1. Proses Pembuatan Bambu Laminasi

Proses pembuatan bambu laminasi harus memperhatikan beberapa hal yang dapat mempengaruhi hasil laminasi. Berikut merupakan proses pembuatan bambu laminasi:

1. Pemotongan/penebangan Batang Bambu

Pada umumnya cara penebangan yang dilakukan oleh masyarakat adalah, dengan tebang tanpa pilih (tebang habis). Pada jenis bambu monopodial yang tumbuh di negara 4 musim, seleksi untuk penebangan mudah dilakukan karena jarak antara bambu yang satu dengan yang lain cukup lebar (kurang lebih 75 – 1.00) cm. Waktu yang baik untuk menebang adalah sebagai berikut :

1. Untuk jenis monopodial (subtropics) pada musim gugur dan musim dingin.
2. Untuk jenis simpodial (tropis) pada musim kering/kemarau.

Untuk kondisi daerah tropis, penebangan dilakukan pada musim kemarau supaya kadar air yang ada dalam buluh bambu lebih rendah sehingga tidak mudah diserang kumbang bubuk basah. Penebangan dilakukan dengan memotong bambu setinggi kurang dari 30 cm dari permukaan tanah. Pemotongan dapat dilakukan dengan menggunakan golok atau alat sejenis yang cocok.

Penebangan pertama hanya dapat dilakukan apabila bambu sudah benar-benar mencapai umur di atas 3 – 4 tahun setelah penanaman. Dari sekelompok bambu sebaiknya ditinggalkan antara 10 batang, ini dimaksudkan untuk menjaga bambu muda yang tumbuh dan menjaga pertumbuhan akar secara baik. Umur bambu antara 3 – 4 tahun sudah menunjukkan kualitas bambu yang dapat dipakai sebagai bahan konstruksi. Setelah penebangan, cabang-cabang harus dibuang dengan hati-hati supaya tidak merusak kulit bagian luar bambu karena jika rusak, memudahkan organisme perusak menyerang dan mengakibatkan rusaknya bambu.

2. Proses Cross Cutting

Batang bambu dari storage dipotong sesuai kebutuhan mendapatkan ukuran bambu laminasi nantinya dengan menggunakan mesin cross cutting. Dalam proses ini digunakan, batang bambu dipotong dengan ukuran panjang 115 cm. Sehingga dari satu batang bambu petung yang panjangnya hingga 20 m didapatkan 17 potong batang bambu.

3. Splitting

Batang bambu yang telah dipotong-potong selanjutnya akan dirajang, yaitu membuat batang bambu menjadi bilah-bilah dalam arah memanjang. Untuk satu batang bambu yang telah dipotong sebelumnya, dirajang menjadi bilah-bilah. Setelah batang bambu dirajang menjadi bilah-bilah, maka perlu dilakukan penyortiran mengenai ukuran dari hasil proses

perajangan tersebut. Tujuan dari penyortiran ini adalah memudahkan dalam proses pengeleman nantinya.

4. Four-side planning

Pada proses ini, bilah bambu dibentuk menjadi empat persegi. Hal ini dilakukan agar pada proses pengeleman selanjutnya, bilah tidak mengalami gap. Sehingga proses pengeleman akan lebih baik dan rapi. Pada proses ini juga bentuk dari bilah disesuaikan dengan ukuran bambu laminasi yang akan dicapai.

5. Sorting & Gluing

Bilah bambu yang telah dikeringkan disortir kembali berdasarkan ukuran dan warna. Hal ini dilakukan untuk penyeragaman bentuk dan warna sebelum perekatan. Jenis-jenis lem/perekat saat ini sudah berkembang dan memiliki kelebihan seperti : tahan terhadap panas, kelembaban (*moisture*), dan kemampuan rekat yang optimal melebihi kuat serat kayu sendiri.

6. Teknologi Cold Press

Proses dengan menggunakan mesin kempa dingin dilakukan dengan gaya tekan vertikal 10 kg/cm² serta beban samping 2.5 kg untuk laminasi arah horisontal. Dan juga 10 kg/cm² untuk gaya tekan samping serta 2.5 kg gaya tekan vertikal untuk vertikal laminasi. Lamanya proses tekan panas ini tergantung dari ketebalan yang ingin dicapai dari laminasi. Teknologi perekat ini adalah polymer-isocyanate dengan sistem berbasis air (*waterbased polymer isocyanate*). Pada Gambar 2.11 dapat dilihat proses kempa dingin menggunakan mesin sederhana.



Gambar 2.11. Proses kempa dingin

(Sumber: bambubos.com)

7. Board Shaping

Pada tahap ini bambu laminasi telah terbentuk, namun perlu dilakukan pengecekan terhadap bentuk yang dihasilkan. Bila ternyata masih terdapat bentuk pada laminasi dimana

mesih terdapat sudut-sudut yang kurang baik, maka dilakukan pembentukan kembali dengan bantuan mesin four-side grinding. Dan kedua ujung laminasi dipotong untuk kemudian dibentuk lagi dalam shaping machine.

2.2.2. Keunggulan Bambu Laminasi

Kekuatan bambu laminasi terhadap abrasi dan momen lentur cukup tinggi. Berdasarkan hasil penelitian tentang ketahanan lantai bambu laminasi terhadap abrasi diperoleh kesimpulan bahwa, ketahanan lantai bambu laminasi adalah sekitar 130 persen dari ketahanan lantai kayu Kempas (*Koompasia malaccensis*), atau sekitar lima kali ketahanan kayu karet. Bambu laminasi yang dihasilkan jika dibandingkan dengan papan partikel secara acak, mempunyai MoR 4-7 kali dan MoE 4-6 kali lebih besar. Mengingat kekuatan tersebut, bambu laminasi cocok digunakan sebagai lantai bangunan gedung, lantai truk, bekisting beton, dan material konstruksi lainnya. Secara garis besar, keuntungan yang dapat diperoleh dari teknologi laminasi antara lain (Suprijanto & Kusmawan, 2009):

1. Teknologi laminasi secara tidak langsung dapat mengatasi masalah retak, pecah, ataupun cacat akibat pengeringan karena terdiri atas lembaran-lembaran tipis, sehingga pengeringan lebih cepat dan mudah.
2. Produk laminasi yang berlapis-lapis memungkinkan untuk memanfaatkan lapisan berkualitas lebih rendah untuk disisipkan di antara lapisan luar dan lapisan dalam seperti halnya produk kayu lapis.
3. Teknologi laminasi memungkinkan pembuatan struktur berukuran bentang besar yang lebih stabil karena seluruh komponen yang digunakan telah dikeringkan sebelum dibentuk menjadi produk laminasi,
4. Arah serat laminasi dapat dipasang bersilangan, sehingga susunan ini akan menjadikan kembang susut produk tidak terlalu besar.

2.3. BAHAN PEREKAT

Lem *epoxy* merupakan jenis perekat yang bersifat *thermosetting*. Perekat *epoxy* berbentuk cair dan merupakan ngina dua komponen yang terdiri atas resin dan hardener yang dicampur saat akan digunakan dengan rasio masing – masing 50 %. Epoxy cocok digunakan untuk merekatkan sambungan papan kayu pada kapal kayu dan sambungan kayu pada furnitur/mebel bahkan dapat merekatkan logam serta kaca. Pemakaian lem *epoxy* sangat luas pada bahan-bahan logam, gelas, keramik, beton, ngina thermosel (*polyster, fenolik*). Jenis *epoxy* yang dimodifikasi antara lain : *epoxy nilon, epoxy polisulfida, dan epoxy poliuretan*. Epoxy tergolong perekat tahan lembab untuk pemakaian eksterior. Waktu siMPan *epoxy* sekitar 3 bulan saMPai 1 tahun. Cara penyimpanannya

adalah pada suatu teMPat/wadah tertutup, dihindarkan dari lingkungan yang basah dan dilindungi dari sinar matahari secara langsung dengan nginarae teMPat penyimpanan 15-30°C. Kelebihan-kelebihan dari perekat *epoxy*, yaitu :

- a. Mudah digunakan.
- b. Praktis dan ekonomis.
- c. Mempunyai efisiensi yang tinggi dalam kekuatan.
- d. Tahan terhadap air laut atau udara yang mengandung garam (di daerah pesisir)
- e. Hasilnya tidak buram

2.4. INTERIOR KAPAL

Ruang sebagai tempat dari kegiatan sehari-hari manusia membutuhkan suatu jawaban untuk di rencanakan dengan seakurat mungkin. Untuk memenuhi tuntutan para pengguna ruang tersebut maka perencanaan yang matang untuk suatu ruang harus benar-benar di perhatikan mulai dari saat ruang tersebut dirancang, kemudian di bangun, dan digunakan. Lalu tahapan terakhir yang perlu dilakukan adalah menilai kelebihan dan kekurangan yang masih terdapat diruang yang telah dibangun tersebut. Dari ketiga tahapan ini maka keberhasilan rancangan suatu interior ruang bisa di nilai secara obyektif oleh si pengguna ruang tersebut. Agar suatu ruang memiliki suatu fungsi yang layak untuk beraktivitas, maka diperlukan banyak hal yang akan mendukung keberadaan ruangan tersebut. Dengan mempertimbangkan pada orang yang akan menggunakan ruang tersebut nantinya, perancang interior harus mampu mempelajari kebutuhan pengguna ruang serta menempatkan dirinya sebagai pengguna ruang tersebut.

Beberapa elemen pembentuk ruang dalam desain interior adalah *deck covering* (lantai), *ceiling* (plafon). dan *lining* (dinding) yang menjadi satu kesatuan struktur dalam sehari-hari. Pada Gambar 2.12 dapat dilihat salah satu model rancangan cafetaria sebuah kapal bergaya modern dan minimalis.



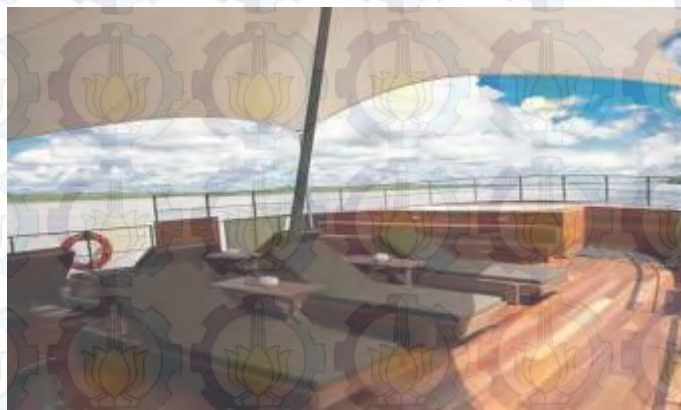
Gambar 2.12. Cafetaria kapal pesiar
(Sumber: forum.chip.co.id)

2.4.1. Deck Covering

Deck Covering lebih sering dikenal dengan lantai. *Deck Covering* merupakan suatu lapisan yang berfungsi sebagai penutup ruang bagian bawah. *Deck Covering* juga berfungsi sebagai pendukung beban dan benda-benda yang ada di atasnya seperti perabot, manusia sebagai civitas ruang, dengan demikian dituntut agar selalu memikul beban mati atau beban hidup berlalu lalang di atasnya serta hal-hal lain yang ditumpahkan di atasnya. (Mangunwijaya, 1980 : 329). Syarat-syarat bentuk lantai antara lain:

1. Kuat, lantai harus dapat menahan beban.
2. Mudah dibersihkan.
3. Fungsi utama lantai adalah sebagai penutup ruang bagian bawah. lainnya adalah untuk mendukung beban-beban yang ada di dalam ruang.

Pada gambar 2.13. model rancangan *deck covering* pada kapal menggunakan bahan baku kayu.



Gambar 2.13. Rancangan *deck covering* kapal

(Sumber: forum.chip.co.id)

2.4.2. Ceiling

Pengertian istilah *ceiling*/langit-langit/plafond, berasal dari kata “*ceiling*”, yang berarti melindungi dengan suatu bidang penyekat sehingga terbentuk suatu ruang. Secara umum dapat dikatakan: Ceiling adalah sebuah bidang (permukaan) yang terletak di atas garis pandang normal manusia, berfungsi sebagai pelindung (penutup) lantai atau atap dan sekaligus sebagai pembentuk ruang dengan bidang yang ada dibawahnya. Fungsi *ceiling* memiliki berbagai kegunaan yang lebih besar dibandingkan dengan unsur-unsur pembentuk ruang (space) yang lain (seperti dinding atau lantai). antara lain:

1. Pelindung kegiatan manusia, dengan bentuknya yang palig sederhana, *ceiling* sekaligus berfungsi sebagai atap.

2. Sebagai pembentuk ruang, *ceiling* bersama-sama dengan dinding dan lantai membentuk suatu ruang dalam.
3. Sebagai *skylight*, di sini ceiling berfungsi untuk meneruskan cahaya alamiah kedalam bangunan. Banyak digunakan pada plaza-plaza, gallery, sebagai penunjuk sirkulasi menuju ke suatu tempat; atau pada hall suatu gedung. Pada dasarnya tempat-tempat tersebut disediakan untuk membuat suasana, memberikan perasaan lega dan lapang dan sebagai area transisi (peralihan) dari arah luar menuju ke dalam bangunan.
4. Untuk menonjolkan konstruksi pada gedung-gedung untuk dekorasi, ceiling mampu mencerminkan struktur yang mendukung beban-beban.
5. Merupakan ruang atau rongga untuk pelindung berbagai instalasi, *ducting* AC, kabel listrik, gantungan armature, loudspeaker dan lain-lain. Di balik ceiling perlu ada rongga guna keperluan pengontrolan-pengontrolan jika terjadi kerusakan pada instalasi-instalasi.
6. Sebagai bidang penempelan titik-titik lampu.
7. Sebagai penunjang unsur dekorasi ruang dalam, terutama pada bangunan-bangunan umum: restaurant, hall/lobby hotel dan lain-lain.
8. Bentuk *ceiling* dalam suatu bangunan dapat memperlihatkan sifat/kesan ruang tertentu, dengan membuat ketinggian atau garis-garis (material) serta struktur kesemuanya akan dinikmati langsung oleh penghuni yang berada dibawahnya.

Perbedaan tinggi dan bentuk ceiling dapat menunjukkan perbedaan visual atau zone-zone dari ruang yang lebih luas, dan orang dapat merasakan adanya perbedaan aktivitas dalam ruang tersebut. Pada Gambar 2.14 dapat dilihat salah satu bentuk desain interior *ceiling* pada kapal.



Gambar 2.14. Desain interior *ceiling* kapal

(Sumber: forum.chip.co.id)

2.4.3. Lining

Lining merupakan salah satu elemen pembentuk ruang yang fungsinya diaplikasikan pada dinding bangunan. Dinding bangunan memiliki fungsi antara lain :

1. Fungsi pemikul beban di atasnya, dinding harus kuat bertahan terhadap 3 kekuatan pokok yaitu tekanan horisotal, tekanan vertikal, beban vertikal dan daya tekuk akibat beban vertikal tersebut.
2. Fungsi pembatas ruangan, pembatasan menyangkut penglihatan, sehingga manusia terlindung dari pandangan langsung, biasanya berhubungan dengan kepentingan-kepentingan pribadi atau khusus.

Warna dinding juga berpengaruh pada kesan ruang. Seperti halnya pada Gambar 2.15, desain interior *lining* dengan perpaduan warna sedikit yang sederhana namun terlihat mewah dan indah. Warna-warna yang mengkilat lebih banyak memantulkan sinar sebaliknya warna buram kurang memantulkan sinar. Warna-warna yang terang memberikan kesan ringan dan luas pada suatu ruang, sedangkan warna gelap memberikan kesan berat dan sempit (Suptandar, 1982; 46). Selain warna, dinding juga merupakan bidang yang secara leluasa dapat dihias sesuai dengan selera. Cara menghias dinding menurut Pamuji Suptandar (1985: 30) :

1. Membuat motif-motif dekorsi dengan digambar, dicat, dicetak, diaplikasikan dan dilukis secara langsung didinding.
2. Dinding ditutup atau dilapisi dengan bahan yang ornamenik atau dengan memasang hiasan-hiasan yang ditempel pada dinding.



Gambar 2.15. Desain interior *lining* kapal
(Sumber: forum.chip.co.id)

2.4.4. Bahan Baku Interior Kayu

1. Kayu Solid

Kayu solid merupakan bahan dasar terkuat dibandingkan kayu olahan karena kayu yang digunakan utuh langsung dari gelonggongan kayu tanpa ada campuran lain. Tapi dikarenakan volume tanam dan penebangan pohon yang tidak seimbang ditambah dengan penebangan liar yang tidak memperdulikan penghijauan kembali, menyebabkan persediaan bahan kayu solid terbatas dan harganya lebih mahal dibanding kayu olahan. Interior material jenis ini dihasilkan dari batang kayu pohon, seperti Jati Belanda, Kamper, Nyatoh, Mahoni, Sungkai, Ulin dan Jati. Pada kelompok kayu solid, Jati dan Ulin lebih kuat dibandingkan dengan jenis kayu lainnya. Kayu ini tahan terhadap cuaca dan temperatur tinggi. Khusus Ulin yang dari Kalimantan, sering disebut Kayu Besi karena semakin kena air semakin solid. Kedua jenis kayu ini selain mahal dan harganya cenderung selalu naik, sudah mulai jarang digunakan sebagai bahan furniture karena keterbatasan supply, sebagai penggantinya kayu yang digunakan adalah kayu sungkai, nyatoh atau jati belanda. Sungkai merupakan salah satu jenis kayu solid yang cukup populer penggunaannya saat ini sebagai interior material. Kayu yang berwarna terang ini memiliki alur urat kayu beraturan, kekuatan baik, dan harganya yang jauh lebih murah. Pada Gambar 2.16 adalah tumpukan kayu jati gelondong (log) yang merupakan jenis kayu solid.



Gambar 2.16. Kayu jati gelondong
(Sumber: rimbakita.blogspot.com)

2. Kayu Olahan

- Particle board

Partikel board adalah papan yang terbuat dari partikel kayu (baik kayu yang dihancurkan menjadi serbuk kasar ataupun berasal dari sisa pekerjaan kayu) yang dicampur dengan kimia

husus kemudian dipadatkan dengan mesin bertekanan tinggi. Kualitas particle board yang terdapat di pasaran sangat bervariasi dilihat dari kepadatannya. Kepadatan particle board diukur dengan satuan E (*emission*) dan kualitas yang paling baik untuk particle board adalah E=0 (nol). Kelemahan kayu olahan jenis ini adalah tidak dapat menopang beban yang terlalu berat karena akan melengkung. Penggabungan particle board juga memerlukan lem atau sekrup khusus. Jika disatukan dengan sekrup biasa atau paku, akan sering kali lepas. Selain itu, finishing particle board tidak bisa dengan cat atau coating karena tekstur permukaannya yang kasar. Untuk menutupinya, biasanya dipakai lapisan vinir atau kertas tiruan (*fancy paper*). Harga particle board paling murah dibandingkan dengan kayu olahan lainnya. Pada Gambar 2.17 dapat dilihat material particle board tampak dari sisi tebalnya.



Gambar 2.17. Particle board
(Sumber: *rumahsae.com*)

- MDF (Medium Density Fibreboard)

MDF (Medium Density Fibreboard) adalah kayu olah yang terbuat dari serbuk yang sudah halus, bisa dari limbah kayu atau bambu. Serbuk tersebut dicampur dengan resin kemudian direkatkan dan dipadatkan dengan suhu dan tekanan yang tinggi (dipres) hingga menjadi lembaran atau papan seperti pada Gambar 2.18. MDF (Medium Density Fibreboard) merupakan bahan yang fleksibel (mudah dipotong atau dibentuk) dan kekuatannya konsisten. Di pasaran, jenis yang lebih padat dan kuat dikenal dengan nama HDF (High Density Fibreboard). Selain itu, untuk warna dan motif penutup permukaan (finishing) untuk MDF (Medium Density Fibreboard) sangat beragam, bisa dengan paper laminate, PVC, HPL, Veener ataupun cat kayu. Saat ini MDF (Medium Density Fibreboard) menjadi bahan paling favorit untuk kebutuhan interior maupun furniture. MDF (Medium Density Fibreboard) memiliki kelemahan yang sama dengan jenis board yang lain, diantaranya adalah :

- Air mudah meresap pada sisi tebal
- Sekrup kurang kuat pada sisi tebal
- Lem putih tidak bekerja secara efektif pada permukaan
- Tidak mengikat paku sekuat kayu solid



Gambar 2.18. MDF (Medium Density Fibreboard)
(Sumber: rumahsae.com)

- Blockboard

Blockboard adalah jenis kayu olahan yang terbuat dari limbah kayu atau potongan kayu lunak berbentuk kotak kecil-kecil (ukurannya sekitar 2,5 hingga 5 cm). Potongan-potongan tersebut dipadatkan dengan mesin dan dilapisi dengan veneer pada kedua sisinya sehingga menjadi lembaran atau papan dengan ketebalan mulai dari 12, 15 hingga 18 mm dan lebar 122 mm x 244 mm. Kayu olahan yang lebih mahal dari Particleboard dan Medium Density Fiberboard ini adalah hasil pemadatan atau penataan dari potongan-potongan kayu yang berukuran 4 cm sampai dengan 5 cm secara sejajar, kemudian dilapisi dengan Vinir untuk menjadikannya sebuah papan yang siap digunakan. Pada Gambar 2.19 dapat dilihat material blockbord yang dilapisi menggunakan veneer pada kedua sisinya untuk menutupi kelemahan bentuk aslinya.



Gambar 2.19. Blockboard
(Sumber: rumahsae.com)

- Plywood

Dalam bahasa kita plywood berarti kayu lapis, tetapi pada jaman dulu lebih dikenal dengan nama tripleks. Kayu olahan ini sebenarnya terdiri dari 2 macam yaitu tripleks dan multipleks. Apabila tersusun dari tiga lapis maka disebut tripleks, sesuai dengan namanya tri berarti tiga. Sedangkan multipleks tersusun lebih dari tiga lapis. Pada Gambar 2.18 adalah bentuk plywood yang sering dijumpai.



Gambar 2.20. Plywood
(Sumber: *rumahsae.com*)

2.5. SAFETY OF LIFE AT SEA (SOLAS)

Peraturan Safety Of Life At Sea (SOLAS) adalah peraturan yang mengatur keselamatan maritim paling utama. Demikian untuk meningkatkan jaminan keselamatan hidup dilaut dimulai sejak tahun 1914, karena saat itu mulai dirasakan bertambah banyak kecelakaan kapal yang menelan banyak korban jiwa dimana-mana. Pada tahap permulaan mulai dengan memfokuskan pada peraturan kelengkapan navigasi, kekedapan dinding penyekat kapal serta peralatan berkomunikasi, kemudian berkembang pada konstruksi dan peralatan lainnya. Pada peraturan SOLAS Chapter 2 :

B. Perlindungan Kebakaran, Deteksi Kebakaran, Dan Pemadaman Kebakaran dijelaskan:

- Divisi/pembagian kapal ke dalam zona-zona utama dan vertikal dengan batas-batas struktural dan yang berkaitan dengan panas (thermal) .
- Pemisahan ruang-ruang akomodasi dari sisa ruang kapal dengan batas - batas secara struktural dan yang berkaitan dengan panas (thermal) .
- Dilarang memakai material-material yang mudah terbakar.
- Deteksi setiap kebakaran dalam zona asal .
- Penahanan & pemadaman setiap kebakaran dalam ruang asal.
- Perlindungan terhadap sarana-sarana pelepasan/pelarian (escape) atau kemudahan untuk tujuan pemadaman kebakaran .
- Siap tersedia alat-alat pemadam kebakaran .
- Meminimalkan kemungkinan penyalaan dari uap muatan yang mudah menyala.

2.6. BAHAN PENGHAMBAT API

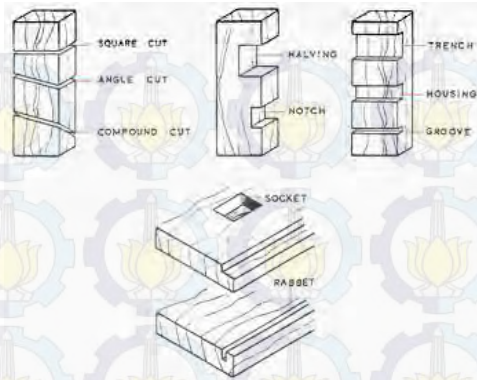
Pada penelitian ini digunakan bahan penghambat api yaitu natrium silikat, dimana bahan ini berupa garam yang larut dalam air dengan komposisi sodium meta silikat (Na_2SiO_3 atau $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$). Natrium silikat merupakan silikon dioksida yang direaksikan dengan larutan natrium hidroksida pada kondisi panas dan pekat. Bahan ini berbentuk larutan cair tak berwarna. Natrium silikat juga dikenal sebagai kaca larut air (*water soluble glass*) banyak dipakai sebagai perekat atau *adhesive* dalam pembuatan kotak-kotak karton bergelombang, serta mampu memberi sifat tahan api natrium silikat biasanya digunakan sebagai bahan detergent, mempunyai sifat pengemulsi dan dapat menambah kekuatan serta mempunyai sifat *adhesive* yang baik, dalam bentuk padat seperti gelas (zat yang sangat keras), larut dalam air panas (titik didih mencapai 2355°C) dan meleleh pada temperatur 1018°C . Natrium silikat diperdagangkan dalam bentuk cairan kental atau serbuk.

2.7. TEKNIK SAMBUNGAN KAYU

Teknik sambungan kayu semakin berkembang sesuai kebutuhan, dan kreasi baru. Bahkan variasinya juga berkembang menjadi trend estetika. Pada dasarnya semua teknik sambungan kayu dimaksudkan untuk menjaga stabilitas serta mengencangkan hubungan satu bagian kayu dengan bagian yang lainnya (Self-supporting) hingga tercapai keteguhan dan rigiditas. Pertimbangan terhadap beragam teknik sambungan kayu bermuara pada 2 hal utama yakni :

- Perubahan fisik yang disebabkan oleh sifat-sifat alamiah kayu, seperti pergeseran, pergerakan, penciutan, pemuaian.
- Menahan, Mengunci antar bagian kayu baik dalam posisi sejajar/berlawanan/bersimpangan agar mampu menahan tekanan, gaya tarik, dorong, tekan (*suspension and tension moment*), tumbukkan, gesekan, beban kejut (*sudden-impact*).

Teknik sambungan kayu di belahan dunia lain tidak berbeda dengan yang teknik yang kita miliki saat ini, dilihat dari teknik sambungan kayu populer. Perbedaannya lebih jelas terlihat pada kerapian dan ketelitiannya, karena semua proses pekerjaan didukung dengan baik dengan peralatan-peralatan khusus yang umumnya tidak digunakan oleh para perajin atau tukang kayu di Indonesia.



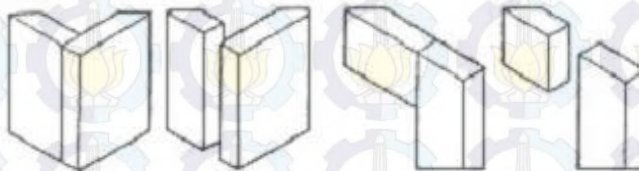
Gambar 2.21. Bentuk sambungan kayu
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

Dari seluruh teknik sambungan kayu yang kita kenal, dapat ditandai mulai dari kesederhanaannya hingga kerumitannya dan juga kekuatan dan kelemahannya. Seorang desainer penting mengetahui kelebihan dan kekurangan tersebut, untuk dapat menentukan jenis sambungan yang tepat ditinjau dari fungsi, harga, serta estetikanya. Beberapa metode sambungan yang umum kita kenali antara lain :

❖ Sambungan Sudut (*Butt Joints*)

Jenis sambungan ini digunakan untuk menyatukan dua atau lebih potongan kayu pada bagian ujung secara sederhana

- Sambungan Sudut biasa (pemasangan dengan menambah paku atau sekrup)



Gambar 2.22. Bentuk sambungan kayu sudut
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

- Sambungan Sudut Adumanis



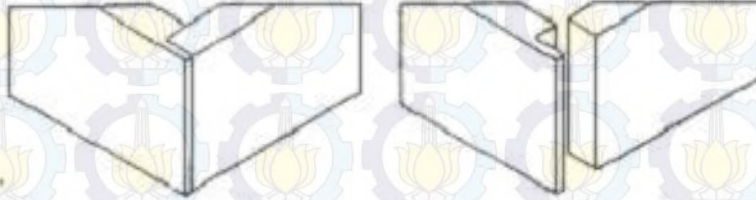
Gambar 2.23. Bentuk sambungan kayu sudut adumanis
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

- Sambungan Sudut Isian (lamello, tripleks siku dan plastik bergelembang)
- Sambungan Sudut dengan Pen (purus) bulat

❖ Sambungan Lapis (*Lap and Halving Joints*)

Jenis sambungan dengan terlebih dahulu membuat celah (*rebate*) atau seperti sekonengan baik disalah satu sisi atau kedua potongan kayu tersebut.

- Sambungan Lapis Sederhana



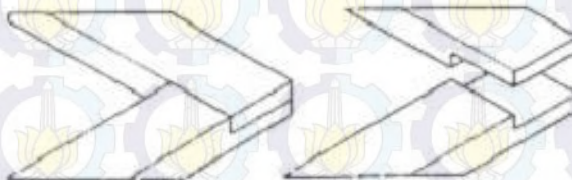
Gambar 2.24. Bentuk sambungan lapis sederhana
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

- Sambungan Lapis Adumanis
- Sambungan Lapis Silang



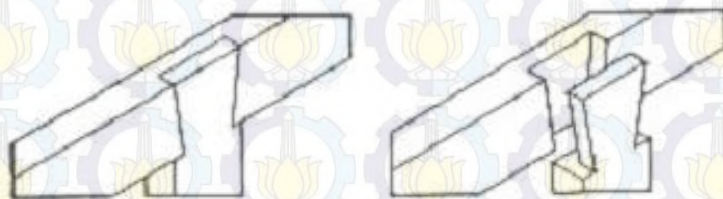
Gambar 2.25. Bentuk sambungan lapis silang
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

- Sambungan Lapis Sudut



Gambar 2.26. Bentuk sambungan lapis sudut
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

- Sambungan Lapis Ekor burung

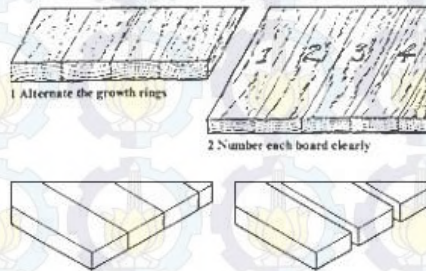


Gambar 2.27. Bentuk sambungan lapis silang
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

- Sambungan Lapis T

❖ Sambungan Tepi / Pinggir (*Edge to edge joints*)

Jenis sambungan pinggir merupakan sambungan yang biasa digunakan untuk membuat bidang, dan tidak untuk menahan beban kecuali dengan lapisan dasar dibawahnya.



Gambar 2.28. Bentuk sambungan tepi

(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

- Sambungan Tepi lidah



Gambar 2.29. Bentuk sambungan tepi lidah

(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

- Sambungan Tepi lidah lepas



Gambar 2.30. Bentuk sambungan tepi lidah lepas

(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

❖ Sambungan Alur (*Housing / dado joints*)

Jenis sambungan dengan model slot / alur, yaitu :

- Sambungan Alur Menerus



Gambar 2.31. Bentuk sambungan alur menerus

(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

- Sambungan Alur Ekor burung



Gambar 2.32. Bentuk sambungan alur ekor burung
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

- Sambungan Alur Tidak menerus



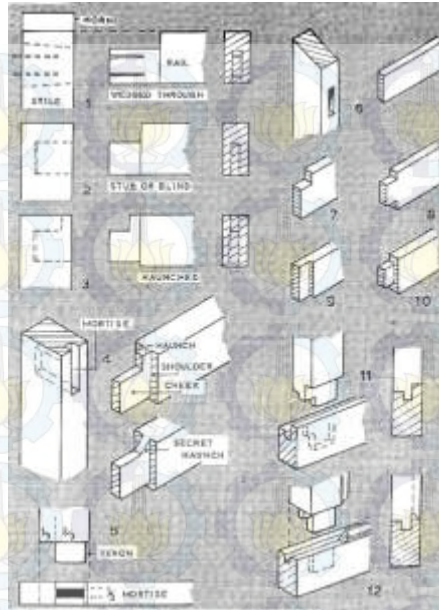
Gambar 2.33. Bentuk sambungan alur tidak menerus
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

❖ Sambungan Purus (*Mortise & Tenon joints*)

Jenis sambungan dengan prinsip (laki-perempuan) dengan batang jului dan lubangnya.

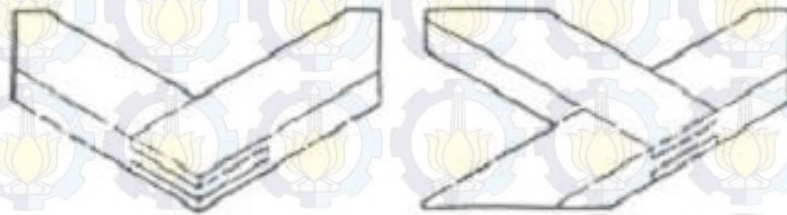
Jenis-jenis sambungan purus ini, antara lain :

- sambungan purus menerus
- sambungan purus ganda
- sambungan purus kembar
- sambungan pin
- sambungan tidak menerus
- sambungan purus dengan pasak



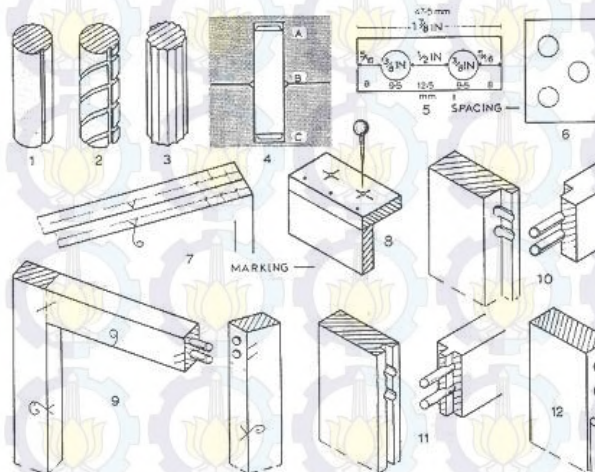
Gambar 2.34. Macam-macam sambungan purus
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

❖ Sambungan Jari lurus / Biskuit (*Bridle Joints*)



Gambar 2.35. Bentuk sambungan jari lurus
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

❖ Sambungan Pasak

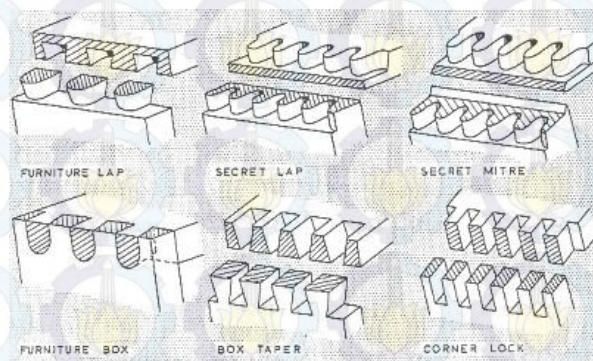


Gambar 2.36. Bentuk sambungan pasak
(Sumber : <http://apikayu.wordpress.com>)

❖ Sambungan Ekor Burung

Sambungan ini digunakan untuk menyambung material yang tidak sejajar lurus. Pembuatan sambungan ada di sisi pinggir material dan secara garis besar macam-macam sambungan ekor burung ini adalah :

- Sambungan ekor burung menerus
- Sambungan ekor burung dekoratif
- Sambungan ekor burung adumanis
- Sambungan ekor burung lapis



Gambar 2.37. Sambungan ekor

(Sumber <http://apikayu.wordpress.com>)

2.8. BIAYA PRODUKSI

Biaya produksi adalah sebagian keseluruhan faktor produksi yang dikorbankan dalam proses produksi untuk menghasilkan produk. Dalam kegiatan perusahaan, biaya produksi dihitung berdasarkan jumlah produk yang siap dijual. Biaya produksi sering disebut ongkos produksi. Berdasarkan definisi tersebut, pengertian biaya produksi adalah keseluruhan biaya yang dikorbankan untuk menghasilkan produk hingga produk itu sampai di pasar, atau sampai ke tangan konsumen.

2.8.1. Komponen Biaya Produksi

Berdasarkan komponen yang menyusunnya, biaya produksi meliputi unsur-unsur:

- a. Bahan baku atau bahan dasar, termasuk bahan setengah jadi.
- b. Bahan-bahan pembantu atau bahan penolong.
- c. Upah tenaga kerja tidak terdidik dan tenaga kerja terdidik.
- d. Penyusutan peralatan produksi.
- e. Bunga modal.
- f. Sewa (gedung atau peralatan yang lain).

- g. Biaya pemasaran, seperti biaya penelitian dan analisis pasar produk, biaya angkutan dan pengiriman, dan biaya reklame atau iklan.
- h. Pajak perusahaan.

2.8.2. Jenis-Jenis Biaya Produksi

Penggolongan jenis-jenis biaya produksi dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut :

- a. Biaya tetap/fixed cost (FC), adalah biaya yang dalam periode waktu tertentu jumlahnya tetap, tidak bergantung pada jumlah produk yang dihasilkan. Contohnya, penyusutan peralatan, sewa gedung atau penyusutan gedung, pajak perusahaan, dan biaya administrasi.
- b. Biaya variabel/variable cost (VC), yaitu biaya yang jumlahnya berubah-ubah sesuai dengan jumlah produk yang dihasilkan. Dalam hal ini, semakin banyak jumlah produk yang dihasilkan, semakin besar pula jumlah biaya variabelnya. Contohnya, biaya bahan baku dan upah tenaga kerja yang dibayar berdasarkan jumlah produk yang dihasilkannya.
- c. Biaya total/total cost (TC) adalah jumlah seluruh biaya tetap dan biaya variabel yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk menghasilkan sejumlah produk dalam suatu periode tertentu. Berdasarkan pengertian tersebut biaya total dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$TC = FC + VC \dots\dots\dots 2.1$$

Persamaan tersebut jika digambarkan kedalam kurva akan tampak seperti Gambar 2.21 berikut:

- d. Biaya rata-rata/average cost (AC) adalah biaya produksi per unit produk yang dihasilkan. Besarnya AC dapat dihitung dengan cara membagi TC dengan Q. Jadi, AC dapat dirumuskan:

$$AC = \frac{TC}{Q} \dots\dots\dots 2.2$$

AC = biaya rata-rata (average cost)

TC = biaya total (total cost)

Q = kuantitas barang dan jasa

- e. Biaya marjinal/marginal cost (MC) adalah biaya tambahan yang diperlukan untuk tambahan satu unit produk yang dihasilkan. Munculnya MC karena adanya perluasan produksi yang dilakukan perusahaan dalam rangka menambah jumlah produk yang dihasilkannya. MC dapat dihitung dengan cara membagi tambahan TC (ΔTC) dengan tambahan Q (ΔQ).

Jadi, MC dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$MC = \frac{\Delta TC}{\Delta Q} \dots\dots\dots 2.3$$

MC = biaya marjinal (marginal cost)

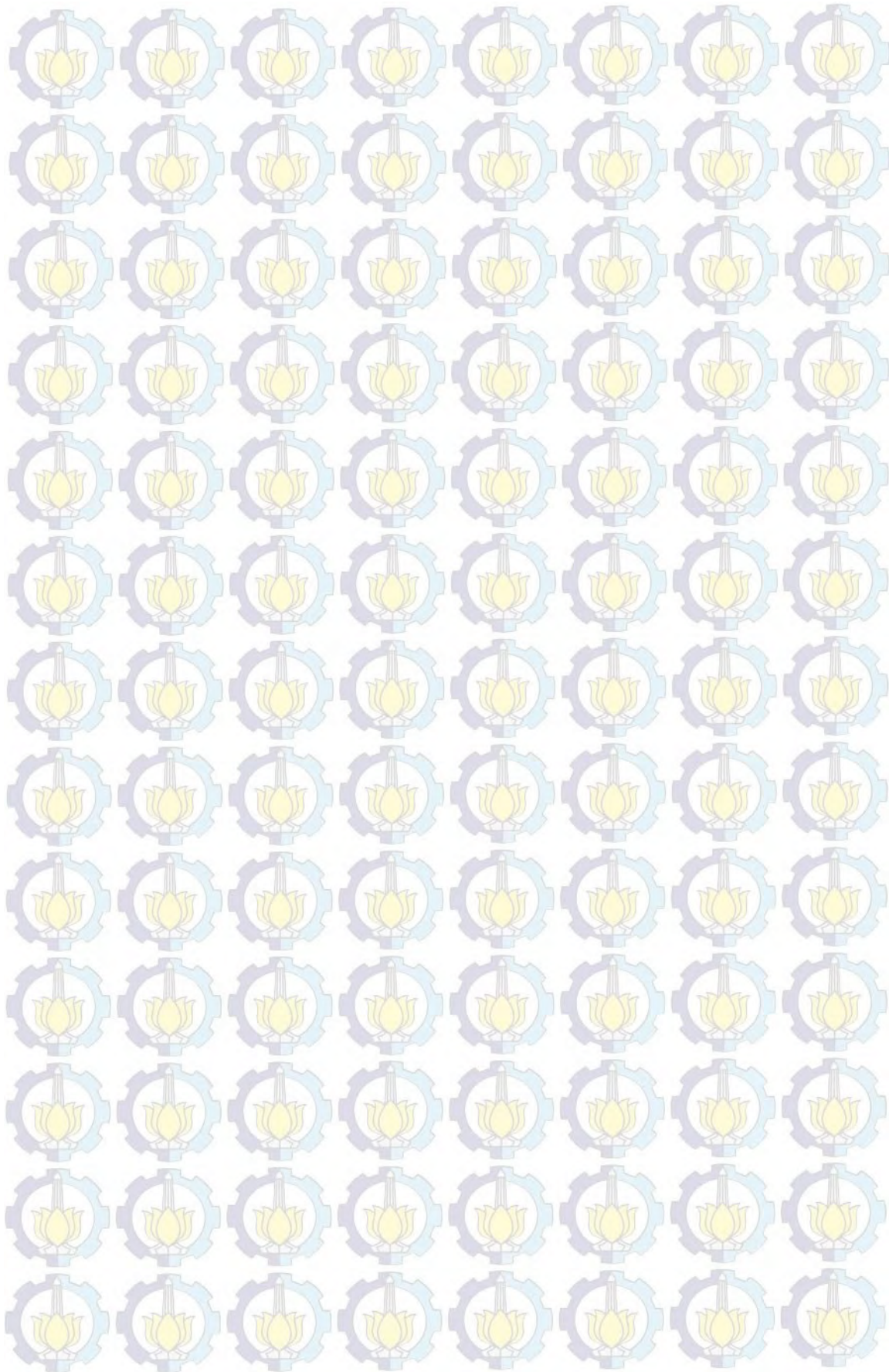
TC = perubahan biaya total (total cost)

Q = perubahan kuantitas barang dan jasa

2.9. PENELITIAN TERKAIT BAMBU LAMINASI SEBELUMNYA

1. Dari penelitian tentang Kajian Teknologi Produksi Material Bambu laminasi-Kayu Berbentuk Balok Sebagai Bahan Alternatif Bangunan Kapal Kayu diperoleh proses pembuatan balok (beam) menggunakan material alternatif yaitu bambu betung yang dilaminasi dengan kayu jati untuk menentukan teknologi produksi yang feasible. Tujuan berikutnya adalah membandingkan harga balok laminasi dengan balok kayu masif. Dari hasil pengujian, balok laminasi ini dapat memikul beban 42,6kN, sedangkan beban kritis kapal hanya 32,1 kN. Analisis ekonomi juga menunjukkan harga jual material laminasi lebih rendah dibandingkan harga kayu jati utuh. (Tarkono,2006)
2. Dari penelitian tentang Pengaruh Variasi Umur Bambu Terhadap Kekuatan Bambu Laminasi Sebagai Material Alternatif Pengganti Kayu Pada Pembuatan Kapal Kayu diperoleh umur bambu berpengaruh pada kekuatan bambu laminasi, karena diketahui tiap tahun umur bambu semakin meningkat kekuatan bambu laminasi tersebut. Hal ini hanya berlaku untuk bambu betung dengan umur panen hingga 5 tahun saja. Pertambahan umur bambu tiap tahunnya akan meningkatkan nilai kuat tarik berdasarkan regresi linear yaitu sekitar 11 MPa pertahun dan kuat tekan sekitar 7 Mpa per tahun. Pertambahan kekuatan tersebut hanya berlaku untuk bambu betung maksimal umur panen 5 tahun. Bambu laminasi yang paling ideal diantara variasi 3-5 tahun untuk menggantikan kayu sebagai material utama dalam pembuatan kapal adalah bambu yang berumur 5 tahun, karena memiliki kuat tarik lebih tinggi dari kayu jati yaitu 99.123 kN serta biaya untuk pembuatan konstruksi yang paling murah yaitu dengan harga 8.823.938 rupiah untuk produksi lunas dengan luas penampang 602.28 cm². (Adinata, 2012).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan beberapa tahapan yang dijelaskan di bawah ini:

3.1. TAHAP STUDI LITERATUR

Tahap awal yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir adalah dimulai dengan, membaca, dan mencari referensi studi literatur terkait dengan Tugas Akhir yang akan dikerjakan. Studi literatur dilakukan guna lebih memahami permasalahan yang ada pada latar belakang penulisan tugas akhir ini, sehingga memunculkan dugaan awal yang selanjutnya bisa disusun menjadi sebuah hipotesa. Studi literatur yang dilakukan adalah dibagi menjadi dua antara lain:

3.1.1 Studi Lapangan

Dalam kegiatan studi lapangan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi penggunaan material *deck covering*, *ceiling* dan *lining* kapal ikan, mengetahui jenis material yang sering digunakan pada kapal ikan, dan keluhan para pemilik galangan kapal serta untuk mengetahui prose pembuatan *deck covering*, *ceiling* dan *lining*. Studi lapangan ini juga bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis material, ukuran, dan harga yang ada dipasaran sebagai perbandingan dalam merancang produk.

3.1.2 Studi Kepustakaan

Kegiatan ini dilakukan untuk menghimpun informasi yang relevan. Studi kepustakaan ini meliputi teori-teori dan literatur tentang bambu, teknologi laminasi, desain interior, kapal ikan, dan literatur lain yang mendukung dalam pengerjaan tugas akhir ini. Informasi ini diperoleh dari buku-buku ilmiah, laporan penelitian, karangan-karangan ilmiah, tesis dan disertasi, peraturan-peraturan, ketetapan-ketetapan, buku tahunan, ensiklopedia, dan sumber-sumber tertulis baik tercetak maupun elektronik lain.

3.2. TAHAP PEMBUATAN PRODUK

3.2.1 Tahap Perhitungan Kebutuhan Bambu untuk Pembuatan Contoh Produk

Pada tahap ini dilakukan proses perencanaan dan perhitungan jumlah bahan baku yang akan digunakan untuk membuat contoh produk material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* sebelum dilakukan proses produksi.

3.2.2 Tahap Perencanaan dan Proses Produksi

Pada tahap perancangan perlu juga diketahui alur proses pembuatan produk *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* berbahan bambu laminasi. Alur proses ini bisa dilihat dari percobaan pembuatan produk interior kapal berbahan bambu laminasi yang sudah dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi dan efektifitas

3.3. TAHAP ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS

3.3.1 Tahap Pembuatan Contoh Produk *Deck Covering*

1. Perencanaan dan desain

Proses perencanaan dan desain ini secara garis besar terdiri dari 3 proses yaitu :

- Proses Perencanaan ukuran dan bentuk interior
Merupakan proses merencanakan ukuran dan bentuk produk *deck covering*.
- Proses Penentuan jumlah dan bahan material
Merupakan proses penentuan material bambu yang akan digunakan yaitu bambu Petung (*Dendrocalamus asper*).
- Proses Desain arstistik
Merupakan proses mendesain bentuk-bentuk tambahan, seperti bentuk ukiran, pahatan, warna, sambungan dan lain-lain.

Dalam penelitian ini dibuat sebuah produk *deck covering* berbahan bambu laminasi dengan ukuran **60cm x 60cm x 1.5cm**.

2. Pemilihan Bahan Baku Bambu

Bahan baku pembuatan produk *deck covering* ini menggunakan bambu Petung (*Dendrocalamus asper*). Bahan baku ini didapatkan dari hasil tanam penduduk sekitar Taman Hutan Raya Raden Soerjo, Kota Pacet, Kabupaten Mojokerto. Bambu Petung yang digunakan berusia antara 4 – 5 tahu sejumlah delapan batang utuh dengan panjang masing-masing empat meter.

3. Penebangan dan Pemotongan

Bambu yang telah ditebang kemudian disortir berdasarkan dua kriteria, pertama adalah nilai kadar air tidak boleh lebih dari 50% dan yang kedua batang bambu harus selurus mungkin tanpa adanya lengkungan yang ekstrem. Gambar 3.1 di bawah ini adalah batang bambu petung yang sudah ditebang.



Gambar 3.1. Potongan bambu Petung

4. Pembuatan bilah (splitting)

Batang bambu utuh sepanjang 4 meter kemudian dibelah secara memanjang berbentuk bilahanan dengan lebar 2.5-3 cm. Dari proses ini didapatkan kurang lebih lima puluh bilah bambu, dimana hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Cara pembelahan batang bambu utuh menjadi bilah :

- a. Pembelahan bambu pada salah satu sisinya dilakukan dengan menggunakan kapak terutama pada bagian bukunya.
- b. Pembelahan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan sendok besi.
- c. Kemudian pembelahan dilanjutkan dari ujung yang satu ke ujung lainnya sampai bagian bukunya terbelah tanpa menembus sisi yang lain.
- d. Pembukaan bambu sampai menjadi lembaran dilakukan dengan tangan, dari ujung satu ke ujung lainnya.
- e. Proses selanjutnya dari lembaran yang sudah diratakan adalah membuang bagian dalam (dagingnya) karena bagian ini bagian paling lunak yang mudah terserang bubuk atau lapuk.
- f. Pembuangan bagian dalam (daging) bambu dengan menggunakan sendok besi.



Gambar 3.2. Bilahan bambu Petung

5. Pengawetan

Sebanyak lima puluh bilah bambu diawetkan menggunakan cara tradisional tanpa menggunakan bahan pengawet kimia. Beberapa bilahan bambu diikat jadi satu kemudian direndam pada kolam yang airnya menggenang. Selain itu perendaman ini juga dilakukan di sungai yang airnya mengalir seperti pada gambar 3.3. Bambu yang direndam, kemudian diberi pemberat di atasnya agar bambu tenggelam.



Gambar 3.3. Pengawetan tradisional

6. Pengeringan bambu

Setelah proses pengawetan, semua bilah bambu dibiarkan di tempat terbuka seperti pada Gambar 3.4 dengan kondisi tanpa terkena sinar matahari langsung selama lima hari untuk proses pengeringan.



Gambar 3.4. Pengeringan bilah bambu

7. Penipisan/perataan (four side planning)

Pada proses ini, bilah bambu yang sudah dikeringkan kemudian di ratakan kembali ke empat sisinya sesuai dengan kebutuhan yang direncanakan. Perataan bagian atas dan bawah bilah bambu yang menonjol seperti pada bagian buku (*node*) dan juga cincin kelopak menggunakan parang atau golok. Selanjutnya dilakukan proses perataan bagian atas dan bawah bilah bambu menggunakan mesin *planar* terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Proses penipisan menggunakan mesin planar

Tiap bilah bambu ditipiskan dengan menggunakan mesin *planar* dengan ketebalan rata-rata tujuh milimeter. Bilah bambu selanjutnya dipotong secara melintang menggunakan *jigsaw*. Selanjutnya kedua sisi lebar bilah diratakan menggunakan mesin serut (*handplanar*) yang menghasilkan ukuran lebar tiga centimeter seperti pada Gambar 3.6, sehingga diperoleh dimensi akhir bilah dengan ukuran 650x 30 x 7 mm.



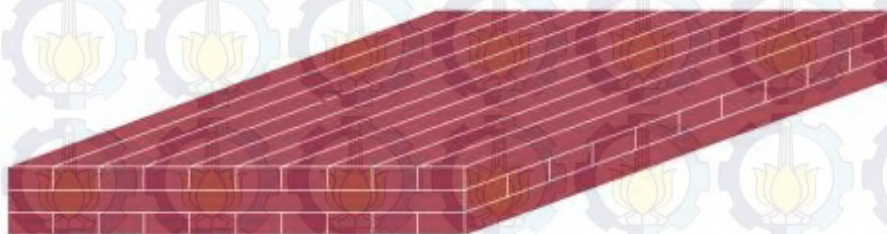
Gambar 3.6. Proses perataan menggunakan mesin handplannar

8. Pembuatan papan bambu laminasi

Langkah-langkah proses pembuatan papan bambu laminasi adalah sebagai berikut :

a. Penyusunan bilah bambu

Bilah bambu yang sudah diratakan dengan ukuran 650x30 mm selanjutnya dilakukan proses penyusunan. Untuk pembuatan *deck covering* bilah bambu laminasi disusun 3 layer/lapis. Pembuatan *deck covering* ini menggunakan metode tumpuk silang atau zig zag seperti pada Gambar 3.7. Metode ini memberi tingkat kekuatan tegangan yang merata dan paling mudah proses penyusunannya.



Gambar 3.7. Metode susunan papan laminasi

b. Perekatan dan pengempaaan

Pada tahap ini perlu dilakukan kegiatan penyiapan perekat. Jenis perekat yang digunakan yaitu Epoxy *Polyamide* dengan rasio resin-hardener 1:1. Bahan tersebut selanjutnya diaduk dalam mesin pengaduk perekat dan pengadukan harus merata. Pada Gambar 3.8 dapat dilihat proses pencampuran lem epoxy.



Gambar 3.8. Proses pencampuran lem epoxy

Bilah bambu yang telah disiapkan kemudian disusun di atas mesin *press* yang diberi alas plastik, kemudian tiap lapisan dioleskan perekat menggunakan kapi secara merata hingga lapisan terakhir/teratas. Bahan bambu laminasi tersebut kemudian dikempa dingin dalam waktu 12 jam. Pada Gambar 3.9 dapat dilihat hasil papan bambu laminasi.



Gambar 3.9. Papan bambu laminasi

9. Pemotongan menjadi ukuran akhir
Bambu laminasi yang telah dibuat selanjutnya dipotong pada keempat sisinya untuk mendapatkan ukuran yang direncanakan 600mmx600mmx15mm. Pemotongan harus benar-benar siku untuk mempermudah proses selanjutnya.
10. Pengampelasan
Pengampelasan dilakukan untuk menghaluskan permukaan bambu laminasi dengan menggunakan mesin ampelas atau secara manual. Pengampelasan dilakukan pada kedua permukaan bambu laminasi.
11. Finishing
Proses finishing contoh produk *deck covering* ini adalah sebagai berikut :
 - Papan bambu laminasi digosok dengan amplas no. 2 sampai 0

- Kemudian diberi wood filler.
- Digosok kembali dengan amplas.
- Diberi bahan pewarna (wood stain) dengan teknik kuas sesuai warna yang ditentukan.
Bahan pewarna : IMPRA atau sejenis.
- Digosok dengan amplas
- Kemudian dilapisi natrium silikat atau biasa dikenal dengan water glass yang berfungsi sebagai lapisan penghambat api.
- Setelah itu dikeringkan secara alami dibawah sinar matahari. Pada gambar 3.10 merupakan contoh produk *deck covering*.

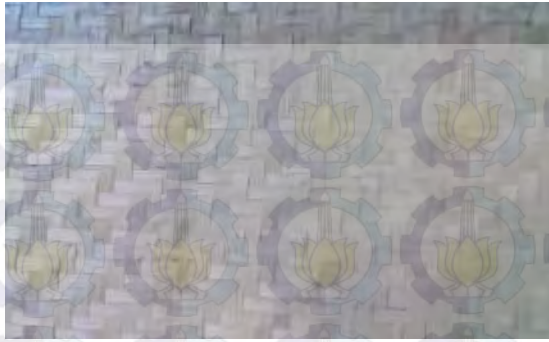


Gambar 3.10. *Deck covering* bambu laminasi

3.3.2 Tahap Pembuatan Contoh Produk *Ceiling* dan *Lining*

Ceiling merupakan komponen pelapis atau penutup langit-langit yang biasa dikenal plafon. Sedangkan *lining* merupakan komponen pelapis dinding. Proses pembuatan *ceiling* dan *lining* bambu laminasi adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan dan desain
Dalam penelitian ini dibuat sebuah produk *ceiling* dan *lining* berbahan bambu laminasi dengan ukuran **1200mm x 600mm x 6mm**.
2. Pemilihan bahan baku bambu
Pembuatan produk *ceiling* dan *lining* ini menggunakan bambu Ori (*Bambusa arundinacea*) yang di dapat dari daerah Jombang. Bambu Ori memiliki kekuatan lentur yang tinggi sehingga diharapkan dapat diaplikasikan pada ruangan yang berbentuk lengkung. Pada Gambar 3.11 dapat dilihat bambu anyaman yang sebagai bahan *ceiling* dan *lining*.



Gambar 3.11. Bambu anyaman sebagai bahan baku produk *ceiling* dan *lining*

3. Pengolahan bambu menjadi pelupuh

Batang bambu utuh diolah menjadi bentuk bilah agar dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *ceiling*. Bilah bambu yang sudah jadi kemudian diserut menjadi bilah-bilah tipis sehingga mudah dinyam. Pembuatan bilah ini biasanya menggunakan cara tradisional dengan bantuan pisau. Pada Gambar 3.12 adalah bambu sayatan sebelum dianyam.



Gambar 3.12. Bambu sayatan

4. Pembuatan papan bambu laminasi

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan papan bambu laminasi adalah sebagai berikut :

a. Penyusunan lapisan papan laminasi

Bambu anyaman dipotong dengan ukuran 1200mmx600mm sebanyak 3 lembar. Kemudian lembaran tersebut disusun atau ditupuk menjadi satu sehingga satu papan

b. Perekatan dan pengempaan

Setelah anyaman bambu disusun di atas lantai atau alat kempa dingin, selanjutnya dilakukan proses perekatan atau pengeleman menggunakan lem epoxy hardener dan resin harus dicampur dengan komposisi pencampuran 1 : 1. Pada proses pembuatan contoh produk *ceiling* dan *lining* dengan ukuran 1200mm x 600mm x 5mm membutuhkan lem epoxy sebanyak 0.75 kg.

5. Pemotongan menjadi ukuran akhir

Bambu laminasi yang telah dibuat selanjutnya dipotong pada keempat sisinya untuk mendapatkan ukuran yang direncanakan 1200mmx600mmx6mm. Pemotongan harus benar-benar siku untuk mempermudah proses selanjutnya.

6. Pengampelasan

Setelah proses pemotongan atau proses merapikan bentuk sisi papan laminasi. Dilakukan proses penghalusan dengan ampelas. Berbeda dengan pengampelasan bambu laminasi *deck covering*, proses pengampelasan material ini harus lebih hati-hati karena permukaannya yang lebih tipis dan berbentuk anyaman.

7. Finishing

Proses finishing contoh produk *ceiling* dan *lining* ini sama halnya dengan *deck covering*, yaitu menggunakan metode wippping (pemolesan dengan kain). Proses finishing contoh produk *ceiling* dan *lining* adalah sebagai berikut :

- Papan bambu laminasi digosok dengan amplas no 0.
- Kemudian diberi wood filler dan dempul.
- Digosok kembali dengan amplas.
- Diberi bahan pewarna (wood stain) dengan teknik kuas sesuai warna yang ditentukan. Bahan pewarna : IMPRA atau sejenis.
- Kemudian dilapisi natrium silikat atau biasa dikenal dengan water glass yang berfungsi sebagai lapisan penghambat api.
- Setelah itu dikeringkan secara alami dibawah sinar matahari.

Pada gambar 3.13 merupakan contoh produk *ceiling* dan *lining*.



Gambar 3.13. Produk interior *ceiling* dan *lining*

3.3.3 Tahap Pengujian Bakar Contoh Produk

Parameter yang diamati antara lain meliputi nilai absorpsi, retensi aktual dan intensitas bakar atau persen pengurangan berat serta pengukuran kenampakan akhir kayu setelah uji bakar.

Pengujian sifat ketahanan api berdasarkan standar ASTM E 69-02 (2002) yaitu dengan alat sungkup pembakaran. Pada pengujian ini contoh uji diletakkan dengan posisi tegak lurus atau vertikal terhadap sungkup pembakaran. Nyala lidah api diusahakan mencapai tinggi 28 cm dari sumber api dengan terus dipertahankan kestabilannya. Suhu minimal pembakaran yang akan digunakan dalam penelitian ini kurang lebih mencapai $180^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ dengan lama pembakaran selama 4 menit dengan tinggi titik api dengan ujung bawah contoh uji sejauh 4 inci (10,16 cm). Silinder pengumpan api pada penelitian ini menggunakan silinder dengan diameter kurang lebih 2cm. Setelah itu contoh uji diambil dari sungkup pembakaran dan dilakukan penimbangan berat contoh uji setelah pembakaran serta dilakukan perhitungan data intensitas bakar/persen pengurangan berat. Pada gambar 3.14 ditunjukkan proses uji bakar dan hasilnya.



Gambar 3.14. Uji bakar

3.3.4 Tahap Analisis Teknis

Pada tahap analisis teknis yang dilakukan adalah analisis mengenai teknis pembuatan produk *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* berbahan bambu laminasi dan kelayakan produk bambu laminasi jika dibandingkan dengan produk berbahan kayu.

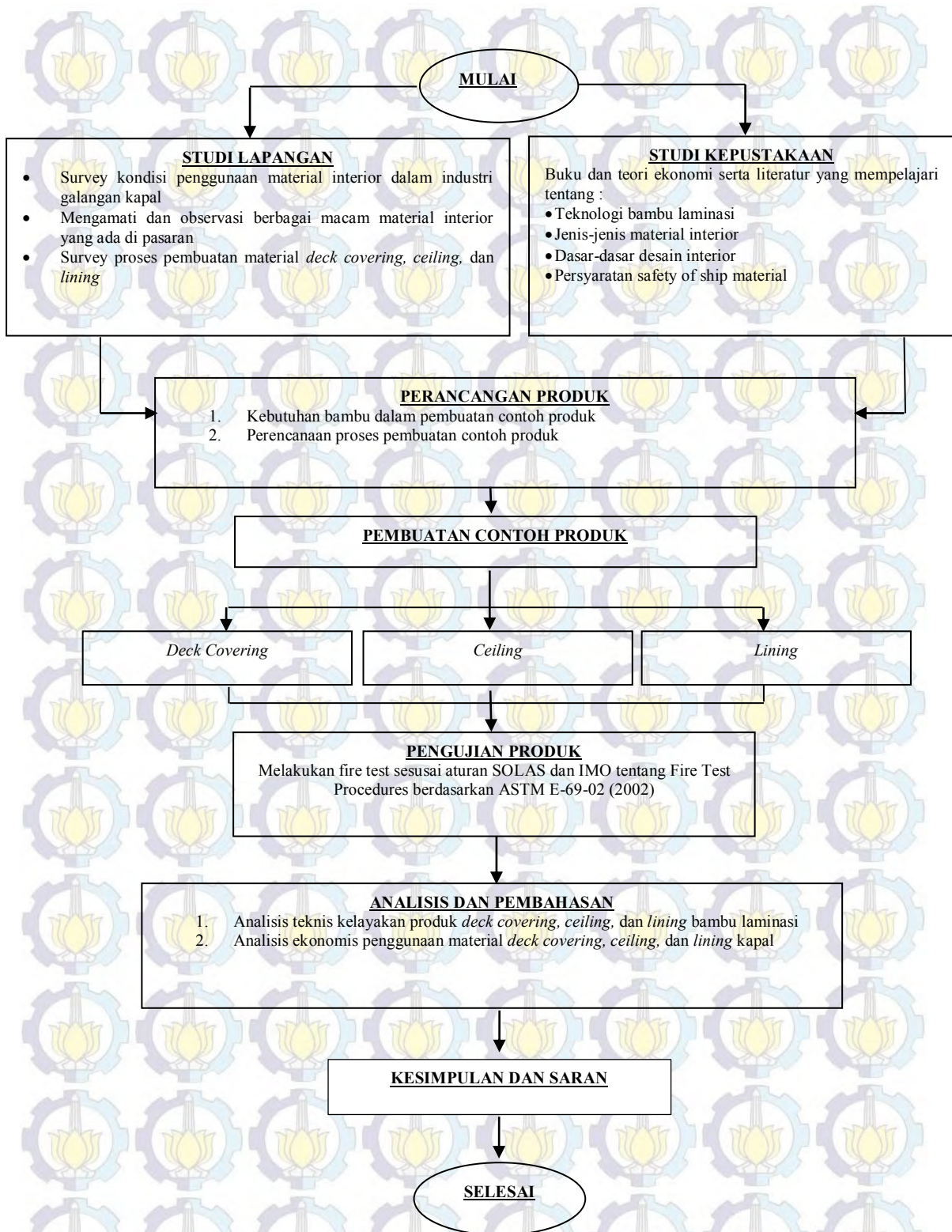
3.3.5 Tahap Analisis Ekonomis

Pada tahap analisis ekonomis yang dilakukan adalah analisis mengenai nilai ekonomis dari produk *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* berbahan bambu laminasi pada kapal.

3.4. TAHAP KESIMPULAN DAN SARAN

Pembuatan kesimpulan yang didapatkan dari analisis teknis dan ekonomis tentang pembuatan produk *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* berbahan bambu laminasi untuk kapal, desain produk yang mudah digunakan di kapal, serta kelayakan produk dari segi teknis dan ekonomis.

3.5. DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.15. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

PERANCANGAN PRODUK

4.1. PEMILIHAN BAHAN BAKU

4.1.1 Bahan Baku *Deck Covering*

Pada pembuatan produk *deck covering* ini digunakan bahan baku bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) karena memiliki kulit/bagian daging yang tebal sehingga cocok digunakan sebagai bahan baku *deck covering*. Pemanfaatan bahan baku bambu untuk *deck covering* ini menggunakan teknologi laminasi. Sedangkan bahan baku yang sering digunakan *deck covering* saat ini adalah kayu solid.

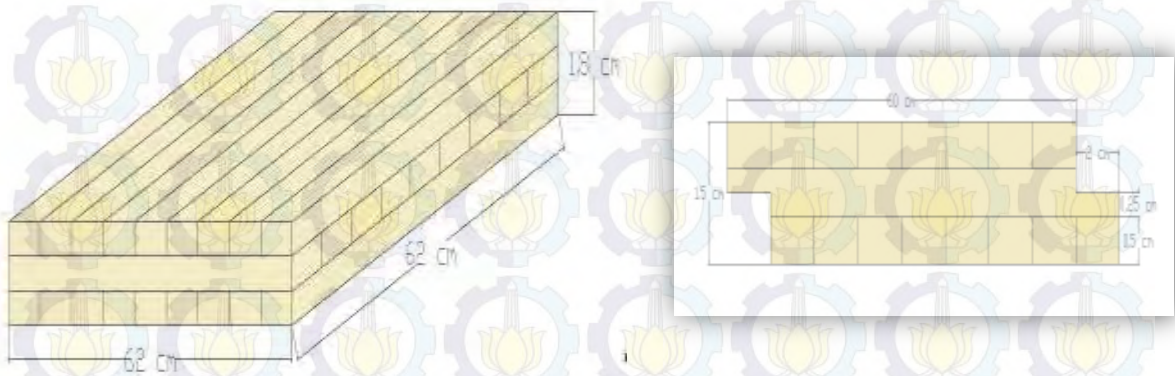
4.1.2 Bahan Baku *Ceiling* dan *Lining*

Pada pembuatan produk *ceiling* dan *lining* ini digunakan bahan baku bambu Ori (*Bambusa arundinacea*) yang memiliki kekuatan lentur yang tinggi sehingga dapat diaplikasikan pada ruangan yang berbentuk lengkung. Bambu Ori ini memiliki kulit/bagian daging yang tipis sehingga cocok digunakan sebagai bahan baku *ceiling* dan *lining*. Pemanfaatan bahan baku bambu untuk *ceiling* dan *lining* ini juga menggunakan teknologi laminasi. Sedangkan bahan baku yang sering digunakan *ceiling* dan *lining* saat ini adalah kayu lapis/*plywood*.

4.2. PERANCANGAN BENTUK DAN UKURAN

4.2.1 Rancangan *Deck Covering*

Proses perancangan bentuk dan ukuran contoh produk *deck covering* berbahan bambu laminasi ini dilakukan setelah survei beberapa produk lantai kayu yang ada di pasaran saat ini. Pada penelitian ini produk *deck covering* dibuat dengan ukuran 600mm x 600mm x 15mm. Pembuatan *deck covering* ini menggunakan teknologi laminasi. Sistem susunan lapisan yang digunakan adalah lapisan zig zag karena pengaruh serat bambu yang searah. Dengan susunan lapisan laminasi seperti ini diharapkan kekuatan menahan bebannya dapat merata dan tidak mudah terjadi patahan. Pada produk *deck covering* ini digunakan sistem sambungan tepi lidah *interlocking*. Sehingga mempermudah saat proses pemasangan maupun perbaikan. Pada Gambar 4.1 ditunjukkan bentuk dan ukuran produk *deck covering* berbahan bambu laminasi.



Gambar 4.1. Bentuk dan Ukuran *Deck Covering* Bambu Laminasi

Pada Gambar 4.2. ditunjukkan contoh produk *deck covering* berbahan bambu laminasi yang telah dibuat sesuai rancangan yang telah ditentukan.

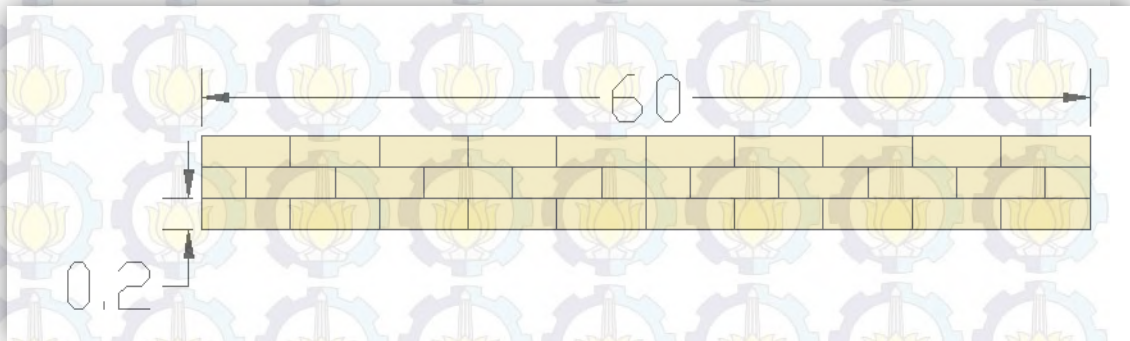


Gambar 4.2. *Deck Covering* Berbahan Bambu Laminasi

4.2.2 Rancangan *Ceiling dan Lining*

Proses perancangan bentuk dan ukuran contoh produk *ceiling* dan *lining* berbahan bambu laminasi ini dilakukan setelah survei beberapa produk material yang biasa digunakan sebagai bahan pelapis dinding/sekat dan plafon yang ada di pasaran saat ini. Pada penelitian ini produk *ceiling* dan *lining* dibuat dengan ukuran 1200mm x 600mm x 6mm. Pembuatan *ceiling* dan *lining* ini menggunakan teknologi laminasi. Sistem susunan lapisan yang digunakan adalah lapisan tumpuk bata sehingga serat bambu sejajar. Ketebalan produk ini cukup tipis dan diharapkan

mampu diaplikasikan pada ruangan yang terdapat lengkungan. Dengan keunggulan bahan baku bambu yang memiliki tingkat kelenturan tinggi, produk ini dirancang agar dapat ditekuk. Pada produk *ceiling* dan *lining* ini digunakan sistem sambungan tepi biasa. Karena terbatas oleh ketebalan material. Pada Gambar 4.3 ditunjukkan bentuk dan ukuran produk *ceiling* dan *lining* tampak samping.



Gambar 4.3. Bentuk dan Ukuran *Ceiling* dan *Lining* Bambu Laminasi

Pada Gambar 4.4. ditunjukkan contoh produk *ceiling* dan *lining* berbahan bambu laminasi yang telah dibuat sesuai rancangan yang telah ditentukan.

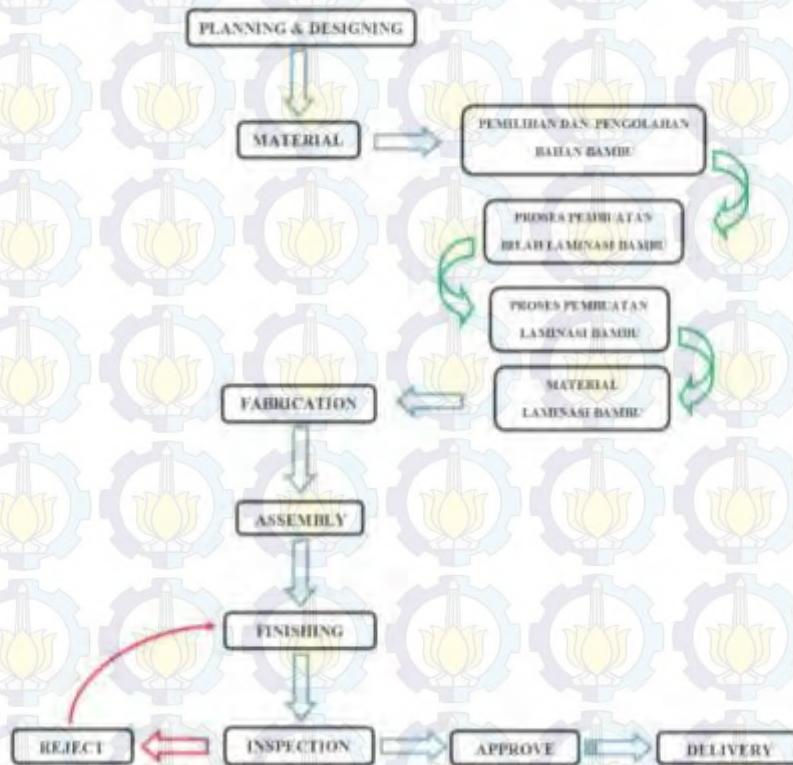


Gambar 4.4. *Ceiling* dan *Lining* Berbahan Bambu Laminasi

4.3. PERANCANGAN PRODUKSI

4.3.1 Perencanaan Proses Produksi

Perencanaan proses produksi bisa dibuat dengan melihat dari teknis pembuatan produk berbahan bambu laminasi yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya dapat dibuat alur proses produksi interior bambu laminasi sebagai berikut.



Gambar 4.5. Alur Proses Produksi

Pada Gambar 4.5 menunjukkan proses alur produksi dari interior berbahan bambu laminasi. Dari alur proses produksi tersebut dirancang dengan pembagian 3 jenis pengerjaan yaitu:

- Pekerjaan Laminasi untuk mengolah bahan baku bambu hingga menjadi papan laminasi.
- Pekerjaan Fabrikasi untuk mengolah papan laminasi hingga menjadi produk interior.
- Pekerjaan Finishing untuk melakukan pengecatan atau pelapisan akhir.

4.3.2 Standar Pengerjaan Produk

Standar pengerjaan perlu dibuat untuk menghitung kapasitas produksi dari sebuah industri standart disesuaikan dengan pekerjaan dan penggunaan alat di industri nantinya, standart ditentukan sebagai berikut :

Tabel 4. 1. Standar Pengerjaan Papan Bambu laminasi

STANDAR KERJA	Jenis Peralatan			
PROSES Pengerjaan	Portable	Machine	Manual	Unit
Tahap Pengolahan Bambu				
Pembelahan (Splitting)		240		Bilah/JO
Tahap Pembilahan				
Penyerutan/penipisan (Side planner)		120		Bilah/JO
Tahap Laminasi				
Penyusunan & Tempah (Cold Press)	120			Bilah/JO
Pengangkatan	240			Bilah/JO
Tahap fabrikasi				
Penandaan dan pengukuran			90	Meter/JO
Pemotongan (circular saw)	48	52		meter/JO
Pemotongan (jig saw)	42	48		meter/JO
Pembentukan profil (moulding/router)	48	52		meter/JO
Penyerutan/penipisan (planner)		150		meter/JO
Penghalusan (sander)		150		meter/JO
Tahap Finishing (penyelesaian)				
Perataan bidang/dempul (wood filler)			60	meter/JO
Penghalusan (sander)	120			meter/JO
Proses pewarnaan atau pelapisan	120			meter/JO
(finishing cair) penggunaan spray tools				

Pada Tabel 4.1 menunjukkan standar pengerjaan dari pengolahan papan laminasi hingga menjadi sebuah interior. Standar pengerjaan ini dibutuhkan untuk perhitungan kapasitas produksi dari industri interior kapal berbahan bambu laminasi. Data tersebut di ambil dari proses pembuatan produk interior.

4.4. PERANCANGAN MATERIAL FIRE RETARDANT

Proses pengecatan (pewarnaan) dan pelapisan terakhir permukaan produk interior memiliki fungsi agar lebih awet, menarik dan tahan lama. Pada proses *finishing* dengan menggunakan metode penyemprotan karena hasil pengecatan atau pelapisan paling merata dibandingkan dengan alat kuas. Bahan *finishing* yang digunakan adalah natrium silikat, dimana bahan ini berupa garam yang larut dalam air dengan komposisi sodium meta silikat (Na_2SiO_3 atau $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$).

Natrium silikat merupakan silikon dioksida yang direaksikan dengan larutan natrium hidroksida pada kondisi panas dan pekat. Bahan ini berbentuk larutan cair tak berwarna. Natrium silikat juga dikenal sebagai kaca larut air (*water soluble glass*) banyak dipakai sebagai perekat atau *adhesive* dalam pembuatan kotak-kotak karton bergelombang, serta mampu memberi sifat tahan api. Berikut adalah hasil uji bakar ketahanan terhadap api:

1. Hasil Pengujian Tingkat Ketahanan Terhadap Api pada Bambu Laminasi

Hasil pengujian bakar dilakukan pada 3 spesimen bambu laminasi dengan 3 variasi. Variasi 1 merupakan bambu laminasi tanpa pelapisan bahan penghambat api, variasi 2 merupakan bambu laminasi dengan satu pelapisan penghambat api, dan variasi 3 merupakan bambu laminasi dengan dua pelapisan penghambat api. Pengujian bakar pada bambu laminasi menghasilkan data berupa nilai intensitas bakar seperti terlihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2. Hasil Uji Bakar Bambu Laminasi

Bambu laminasi	sebelum pembakaran	setelah pembakaran	intensitas bakar (%)
	(gram)		
tanpa lapisan	550	520	5.455
1 lapisan	551	545	1.089
2 lapisan	552	549	0.543

Nilai intensitas bakar pada bambu laminasi tanpa lapisan bahan penghambat api sebesar 5,455 %, sedangkan bambu laminasi dengan lapisan bahan penghambat api satu lapis dan dua lapis sebesar 1,089% dan 0,543 %.

2. Hasil Pengujian Tingkat Ketahanan Terhadap Api pada Kayu Jati

Hasil pengujian bakar dilakukan pada 3 spesimen kayu Jati dengan 3 variasi. Variasi 1 merupakan kayu Jati tanpa pelapisan bahan penghambat api, variasi 2 merupakan kayu Jati dengan satu pelapisan penghambat api, dan variasi 3 merupakan kayu Jati dengan dua pelapisan penghambat api. Pengujian bakar pada kayu Jati menghasilkan data berupa nilai intensitas bakar seperti terlihat pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3. Hasil Uji Bakar Kayu Jati

Jati	sebelum pembakaran	setelah pembakaran	intensitas bakar (%)
	(gram)		
tanpa lapisan	800	750	6.25
1 lapisan	801	785	1.998
2 lapisan	802	797	0.623

Nilai intensitas bakar pada kayu Jati tanpa lapisan bahan penghambat api sebesar 6,25 %, sedangkan kayu Jati dengan lapisan bahan penghambat api satu lapis dan dua lapis sebesar 1,998% dan 0,623 %.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. ANALISIS TEKNIS

12.1.1 Analisis Teknis Produk

1. Kuat tarik

Pada Gambar 5.1 ditunjukkan hasil pengujian terhadap kuat tarik bambu yang telah dilakukan Adinata tahun 2012. Hasil yang didapatkan kuat tarik bambu cukup tinggi yaitu mencapai 99.123 Mpa. Bambu laminasi lebih layak untuk menggantikan kayu sebagai bahan baku interior kapal, karena kuat tarik bambu lebih tinggi daripada kuat tarik kayu lain.

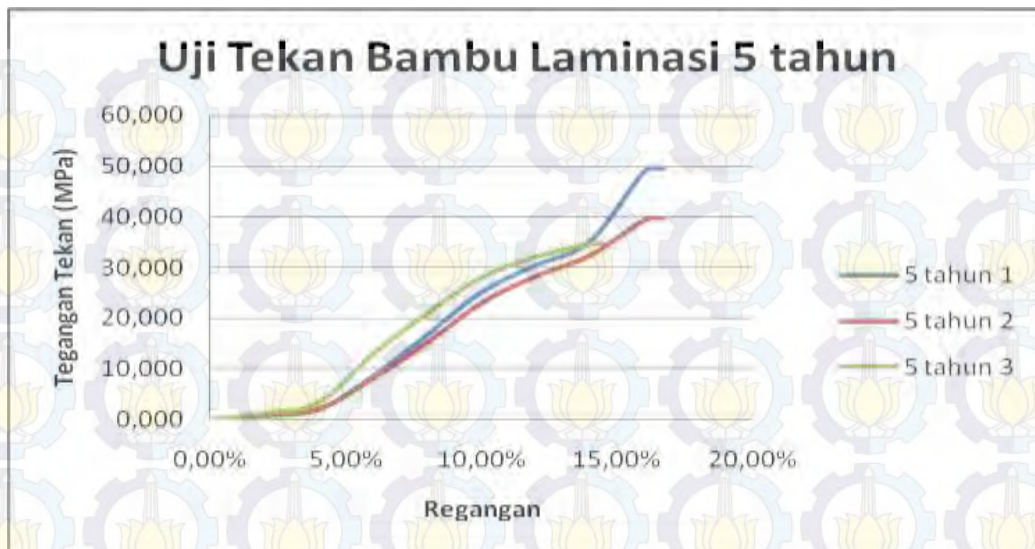


Gambar 5.1. Hasil Uji Tarik

(Sumber: Tugas Akhir, Adinata 2012)

2. Kuat tekan

Pada Gambar 5.2 ditunjukkan hasil pengujian terhadap kuat tekan bambu yang telah dilakukan Adinata tahun 2012. Hasil yang didapatkan kuat tekan bambu cukup tinggi yaitu mencapai 45,54 Mpa. Bambu laminasi lebih layak untuk menggantikan kayu sebagai bahan baku interior kapal, karena kuat tekan bambu lebih tinggi daripada kuat tarik kayu lain.



Gambar 5.2. Hasil Uji Tekan

(Sumber: Tugas Akhir, Adinata 2012)

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan (Widodo, 2008), diperoleh perbandingan nilai kuat tarik dan kuat tekan kayu jati kelas 2 berturut-turut adalah $69,6 \text{ N/mm}^2$ dan $60,86 \text{ N/mm}^2$. Nilai kuat tarik kayu jati lebih rendah jika dibandingkan dengan kuat tarik kayu bambu laminasi. Namun untuk perbandingan nilai kuat tekan, kayu jati memiliki kuat tekan lebih tinggi dari bambu laminasi. Dari data pengujian di atas, dapat diketahui bahwa bambu laminasi memiliki keunggulan dalam menahan beban tarik dan berpengaruh terhadap kemampuan material menahan beban.

Bambu laminasi digolongkan pada kayu dengan kelas kuat II. Sedangkan material interior kapal saat ini yang sering digunakan adalah jenis *plywood*. *Plywood* digolongkan pada kayu dengan kelas kuat III. Sehingga untuk furnitur bambu laminasi bisa lebih tipis dari pada *plywood* yang umumnya digunakan untuk interior kapal. Dari segi keawetan, bambu laminasi tergolong pada kelas awet II (5-8 tahun), sedangkan *plywood* tergolong pada kelas awet III (3-5 tahun). Sehingga produk interior mampu bertahan 5tahun - 8tahun lebih awet dibandingkan dengan penggunaan *plywood* untuk interior kapal yang biasanya digunakan hanya 3tahun-5tahun. Dari penjelasan tersebut, dapat dikatakan bahwa bambu laminasi layak sebagai bahan baku interior kapal. Tabel 5.1 adalah perbandingan kelas kuat dan awet antara *plywood* dan bambu laminasi.

Tabel 5.1. Perbandingan kelas kuat dan kelas awet antara *plywood* dan bambu laminasi

	Standar Minimal	Plywood	Bambu laminasi
Kelas kuat	kelas kuat kayu III (SNI 01-7211-2006)	III	II
kelas awet	kelas awet kayu II (SNI 01-7211-2006)	III	II

3. Berat Jenis

Berat jenis bambu 770kg/m³ (0.5-0.9), *plywood* memiliki berat jenis 550kg/m³ dan kayu jati kelas II memiliki berat jenis 700kg/m³. Dalam pembuatan contoh produk interior *deck covering* dengan ukuran dan ketebalan yang sama, bambu laminasi lebih ringan jika dibandingkan dengan kayu jati tetapi memiliki kekuatan yang sama. Produk interior berbahan bambu laminasi tidak menambah berat kapal. Berat jenis bambu memenuhi standar minimal penggunaan material kayu yaitu minimal *density* 500 kg/m³ (BS1088 : 2003) atau BJ 0,45 kelas kuat kayu III (SNI 01-7211-2006). Sehingga produk interior berbahan bambu laminasi layak digunakan di kapal.

12.1.2 Analisis Teknis Proses Produksi

Analisis proses produksi contoh produk *deck covering* berbahan bambu laminasi dengan ukuran 600mm x 600mm x 15mm dan *ceiling dan lining* dari bambu laminasi dengan ukuran 1200mm x 600mm x 6mm sebagai berikut :

1. Desain Bentuk dan ukuran

- ***Deck covering***

Saat ini penggunaan lantai kayu berjenis *parquet* dengan ukuran kecil banyak kita jumpai. Produk *deckcovering* berbahan bambu laminasi dengan ukuran 600mm x 600mm x 15mm menggunakan sistem *interlocking* antara lidah dan ceruk sama halnya permainan puzzle sehingga lebih mudah pada saat perawatan. Dalam pengaplikasian pada ruangan yang luas, produk ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan *parquet* berukuran 250mm x 120mm x 12mm . Ukuran *parquet* lebih kecil sehingga sisa potongan dari hasil pembuatan *tang* dan *groove* untuk sistem sambungan antar *parquet* lebih banyak dibandingkan dengan *deck covering* berbahan bambu laminasi. Selain itu, proses pemasangan *parquet* membutuhkan perekat lebih banyak karena luasan *tang* dan *groove* lebih luas dibandingkan dengan contoh produk berbahan bambu laminasi. ruangan, pemasangannya akan membutuhkan ketelitian yang lebih dan membutuhkan waktu lama. Pada Tabel 5.2 ditunjukkan perbandingan antara *parquet* dan *deck covering* berbahan bambu laminasi.

Tabel 5.2. Perbandingan antara *deck covering* jenis *parquet* dan bambu laminasi

	Parquet	Bambu laminasi
Sisa potongan	Banyak	Sedikit
Waktu pemasangan	lebih lama	Lebih cepat
Penggunaan perekat	banyak	sedikit

- ***Ceiling dan Lining***

Untuk material *ceiling dan lining* banyak digunakan jenis plywood atau lebih sering dikenal triplek/multiplek. Ukuran multiplek umumnya sangat panjang dan lebar yaitu 1220mm x 2440mm x 6mm. Dalam proses pembuatan kapal, waktu sangat diperhatikan karena bersangkutan dengan biaya. Pada saat pemasangan interior *ceiling dan lining*, material akan dibawa ke atas kapal. Sedangkan akses untuk naik ke atas kapal cukup susah apabila membawa multiplek dengan ukuran cukup panjang. Untuk menghemat waktu dan biaya, maka diperlukan ukuran yang ideal untuk diaplikasikan di lingkungan galangan. Material *ceiling dan lining* dari bambu laminasi dengan ukuran 1200mm x 600mm x 6mm cukup efisien untuk lingkungan galangan. Dengan ukuran ini, material mudah dibawa ke atas kapal. Selain itu, tidak membutuhkan ruang yang luas dan menghemat waktu. Selain itu, produk ini juga mampu digunakan untuk ruangan yang membutuhkan pemasangan lengkung karena bambu memiliki tingkat kelenturan lebih tinggi daripada multipleks/*plywood*.

2. **Pemilihan bahan baku**

- ***Deck covering***

Bahan baku pembuatan produk *deck covering* ini menggunakan bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) karena memiliki kulit/bagian daging yang tebal sehingga cocok digunakan sebagai bahan baku *deck covering*. Bambu Petung yang digunakan berusia antara 4 – 5 tahun dengan panjang masing-masing empat meter.

- ***Ceiling dan Lining***

Bahan baku pembuatan produk *ceiling dan lining* ini menggunakan bambu Ori (*Bambusa arundinacea*). Bambu Ori memiliki kekuatan lentur yang tinggi sehingga diharapkan dapat diaplikasikan pada ruangan yang berbentuk lengkung. Bambu Ori yang digunakan berusia antara 4 – 5 tahun. Sesuai penelitian yang sudah ada, bambu berusia 4-5 tahun termasuk dalam kategori dewasa dan siap ditebang. Dalam pembuatan produk ini, kadar air bambu juga perlu diperhatikan supaya bambu bias secepatnya diolah. Kadar air bambu yang melebihi 14 % tidak layak digunakan sebagai bahan baku interior sesuai dengan standar maksimal yang telah ditetapkan SNI 01-7211-2006.

3. Pemotongan

Proses pemotongan bambu juga perlu diperhatikan. Pada umumnya bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) memiliki panjang lebih dari 13 meter, berdiameter besar sekitar 10-18 centimeter bila dibandingkan dengan jenis bambu lain, dan berdinding tebal 11-18 milimeter dengan karakteristik bambu yang terus mengecil dibagian ujungnya dan bagian bawah yang terlalu keras untuk diolah menjadi bahan baku. Bagian bambu 2 meter dari bawah tidak bisa digunakan karena bagian tersebut terlalu tebal daging batangnya dan sulit diolah. Bagian bambu 2 paling atas juga tidak bisa digunakan karena daging batangnya terlalu tipis. Bagian bambu yang digunakan sebagai bahan baku interior adalah 12-14 meter pada bagian tengah. Bambu yang telah ditebang kemudian dipotong dengan panjang 4 meter yang bertujuan untuk mempermudah pemindahan ke lokasi pengolahan selanjutnya. Kemudian dilakukan penyortiran bambu yang telah dipotong sesuai dengan tingkat kelurusan dan ketebalan. Pada Tabel 5.3 ditunjukkan kualitas bambu berdasar tingkat kelurusan dan ketebalan bambu.

Tabel 5.3. Spesifikasi kualitas bambu

Kualitas Bambu	Kelurusan	Ketebalan
A1	Lurus	Tebal ($\geq 12\text{mm}$)
A2	Lurus	Tipis ($\leq 12\text{mm}$)
B1	Melengkung	Tebal ($\geq 12\text{mm}$)
B2	Melengkung	Tipis ($\leq 12\text{mm}$)
C1	Zig-Zag	Tebal ($\geq 12\text{mm}$)
C2	Zig-Zag	Tipis ($\leq 12\text{mm}$)

4. Pembelahan

Pada proses ini batang bambu yang telah dipotong sepanjang 4 meter selanjutnya akan dirajang, yaitu membuat batang bambu menjadi bilah-bilah dalam arah memanjang. Untuk satu batang bambu yang telah dipotong sebelumnya, dirajang menjadi bilah-bilah. Ada dua cara pembelahan batang bambu, cara manual dan dengan bantuan mesin. Meskipun dilakukan dengan cara manual, namun pisau yang digunakan untuk membelah batang bambu sama dengan pisau yg digunakan pada mesin pembelah. Pada saat proses pembelahan, ukuran bilah bambu disesuaikan dengan kebutuhan ukuran produk yang akan dibuat, supaya tidak ada yang terbuang.

5. Pengawetan Bambu

Proses pengawetan bambu bisa dilakukan dengan cara tradisional dan modern (bahan kimia). Proses pengawetan secara tradisional biasanya dilakukan dengan cara merendam bambu di kolam atau sungai yang mengalir selama 1 tahun bahkan bisa lebih. Sedangkan proses pengawetan modern (bahan kimia) dengan cara perendaman bilah bambu pada bak yang berisi campuran air bersih dan larutan boraks 2,5% untuk diawetkan selama lima hari, kemudian bilah bambu disemprot larutan urea dan garam kasar secara merata dengan rasio sebesar 1:1 yang berfungsi sebagai anti hama dan jamur. Penggantian air tempat perendaman perlu dilakukan selama 1 bulan 1 kali agar tidak menimbulkan bau yang kurang sedap. Karena dari bau tersebut bisa mengganggu dan menimbulkan kondisi tempat kerja yang kurang nyaman.

6. Proses Pembuatan Bilah

Bambu memiliki batang silinder asimetris dengan ukuran diameter yang mengecil dimulai dari bagian pangkal hingga ke ujung batang. Pada tahap ini terlebih dahulu bambu diproses menjadi bilah berbentuk batang prismatis dengan potongan melintang berupa persegi dimana bambu utuh dipecah secara memanjang dan kemudian semua sisi diratakan, sehingga dihasilkan bilah bambu yang seragam berukuran 4000mm x 30 mm x 7mm. Bilah bambu diratakan bagian atas dan bawahnya terlebih dahulu sesuai dengan ketebalan yang diinginkan menggunakan mesin planar. Kemudian bagian sisi samping diratakan menggunakan mesin *hand planar*. Ketebalan bilah bambu laminasi sesuai dengan standar penggunaan kayu lapis (BS1088 : 2003) yaitu tidak boleh kurang dari 6,5 mm dan minimal 3 lapisan.

7. Proses Penyusunan Papan Laminasi

Pada tahap ini, bilah bambu yang sudah siap kemudian disusun dengan metode susun tumpuk silang/zig zag, metode ini dipilih karena memiliki keunggulan dalam hal kekuatan, dan paling mudah proses penyusunannya. Untuk *plywood* minimal 3 *plies* (lapisan) dan ketebalan tidak boleh kurang dari 15mm (BS1088 : 2003) sedangkan susunan yang dipakai bambu laminasi adalah 3 lapis (21mm), sehingga sudah memenuhi standar minimal ketebalan kayu lapis. Lebar papan yang dihasilkan disesuaikan dengan ukuran yang diinginkan. Pada saat proses penyusunan diusahakan toleransi kerapatan maksimal 2-3 mm hal ini dikarenakan kondisi bambu yang dipakai ada yang melengkung, karena bahan baku bambu yang dipakai adalah kualitas B2 jika ingin hasilnya lebih rapat sebaiknya menggunakan bahan baku bambu kualitas A1.

8. Proses Perekatan

Pada proses perekatan papan bambu laminasi ini menggunakan perekat (lem) Epoxy *Polyamide*. Perekat ini memiliki ketahanan terhadap air dan cuaca cukup tinggi. Selain itu, perekat ini sudah termasuk *Marine use* memenuhi standar BKI. Perekat (lem) Epoxy *Polyamide* memiliki ketangguhan rekat 6-8 kg/cm² sesuai standar keteguhan rekat minimal 7 kg/cm² (SNI 01-7211-2006). Pencampuran bahan perekat harus memperhatikan perbandingan bahan perekat yang akan dicampurkan karena bila campuran tidak 1:1 maka proses pengerasan bahan perekat tidak akan sempurna. Untuk pencampuran bahan perekat ini lebih baik menggunakan gelas ukur atau ditimbang terlebih dahulu agar perbandingannya bisa 1:1 sehingga pengerasan bahan perekat menjadi sempurna.

9. Proses Kempa (*Cold Press*)

Pada proses ini, pengempaan dilakukan dengan bantuan alat tekan (*cold press*) sederhana untuk menjaga posisi bilah bambu yang telah tersusun agar tidak bergeser dan tidak terdapat celah antar susunan bambu. Sebelum dilakukan proses pengempaan, diberikan alas berupa plastik agar bahan perekat tidak menempel pada alat tekan. Bahan perekat yang digunakan adalah lem *epoxy* yang akan mengeras dalam waktu 1-2 jam, untuk hasil yang baik maka proses penekanan ini dilakukan 2 jam agar bahan perekat benar-benar mengeras. Hasil dari proses pembuatan papan laminasi memiliki ukuran 6500x6500x21mm ini perlu dirapikan ukurannya agar tidak mempersulit proses berikutnya dan didapatkan papan laminasi berukuran 6200x6200x15 mm. Untuk Standar menurut *Llyod Register* ukuran papan laminasi minimal 1840x920mm dengan ketebalan 18mm. Sehingga ukuran papan laminasi sudah memenuhi standar minimal dan layak digunakan.

10. Proses Fabrikasi

Pada proses fabrikasi ini pada umumnya terdiri dari beberapa proses, antara lain :

- Proses Penandaan (*Marking*)

Proses penandaan dan penggambaran dimensi pengerjaan pada material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining*.

- Proses Pemotongan (*cutting*)

Proses pemotongan material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* menjadi beberapa bagian.

- Proses Pembentukan (*shaping*)

Proses pembentukan material yang telah dipotong menjadi bentuk sesuai rancangan.

- Proses Penyerutan dan Penghalusan

Proses yang berfungsi untuk menghaluskan atau meratakan permukaan material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining*. Proses penghalusan itu lebih dikenal dengan proses pengamplasan/sanding.

- Proses Finishing

Proses pengecatan atau pelapisan akhir menggunakan cairan penghambat api.

Proses pengerjaan bambu laminasi hampir sama dengan proses pengerjaan *plywood* yang digunakan sebagai interior kapal. Pada Tabel 5.4 ditunjukkan perbedaan proses pengerjaan antara *plywood* dan bambu laminasi

Tabel 5.4. Perbandingan Proses Fabrikasi *Plywood* dan Bambu Laminasi

No	Pekerjaan	<i>Plywood</i>	Laminasi Bambu
1	<i>Marking</i>	Untuk pekerjaan penandaan tidak harus memperhatikan arah serat kayu pada <i>plywood</i> .	Untuk pekerjaan penandaan bahan Laminasi Bambu harus memperhatikan arah serat dari papan laminasi.
2	<i>Cutting</i>	Untuk pekerjaan pemotongan bahan <i>Plywood</i> tidak harus memperhatikan arah serat kayu pada <i>plywood</i> (variasi pemotongan banyak) & bahan yang lunak.	Untuk pekerjaan pemotongan bahan Laminasi Bambu harus memperhatikan arah serat pada Laminasi Bambu (variasi pemotongan terbatas) & bahan sedikit keras dibandingkan bahan <i>Plywood</i> .
3	<i>Shaping</i>	Untuk pekerjaan pembentukan bahan <i>Plywood</i> variasi bentuk yang dibuat bisa beragam.	Untuk pekerjaan pembentukan bahan Laminasi Bambu variasi bentuk yang dibuat tidak bisa beragam karena arah serat memanjang dan bentuk-bentuk lengkungan harus dikerjakan dengan hati-hati agar tidak merusak bahan baku
4	<i>Sanding</i>	Untuk pekerjaan pengamplasan bahan <i>Plywood</i> tidak perlu terlalu halus.	Untuk pekerjaan pengamplasan bahan Laminasi Bambu dilakukan dengan penghalusan secara bertahap agar hasilnya bisa halus.
5	<i>Finishing</i>	Lembar HPL sebagai pelapisannya dan tidak ada lapisan penghambat api.	<i>Water glass</i> sebagai lapisan penghambat api agar material tidak mudah terbakar

11. Inspeksi

Proses inspeksi interior ini berfungsi untuk menilai layak atau tidak produk ini dijual atau dipasang. Setelah *finishing*, akan dicek lagi bentuk, hasil cat dan material yang dipakai apakah sesuai dan memenuhi standar desain yang di pesan.

Dari proses perancangan produk yang sudah dijelaskan, berikut dapat kita lihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 perbandingan antara proses pembuatan *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* berbahan baku bambu dan kayu :

Tabel 5.5. Proses pembuatan *deck covering* berbahan bambu dan kayu

No	Proses Pembuatan <i>Deck Covering</i>	
	Bambu	Kayu
1	Penebangan pohon	Penebangan pohon
2	Pembelahan batang	Pembelahan log
3	Pembuatan bilah	Pembuatan papan kecil (sawn timber)
4	Pengawetan	Pengeringan
5	Pengeringan	Pembuatan profil tang dan groove
6	Perekatan	Finishing
7	Pembuatan papan laminasi	
8	Pembuatan profil tang dan groove	
9	Pengampelasan	
10	Finishing	

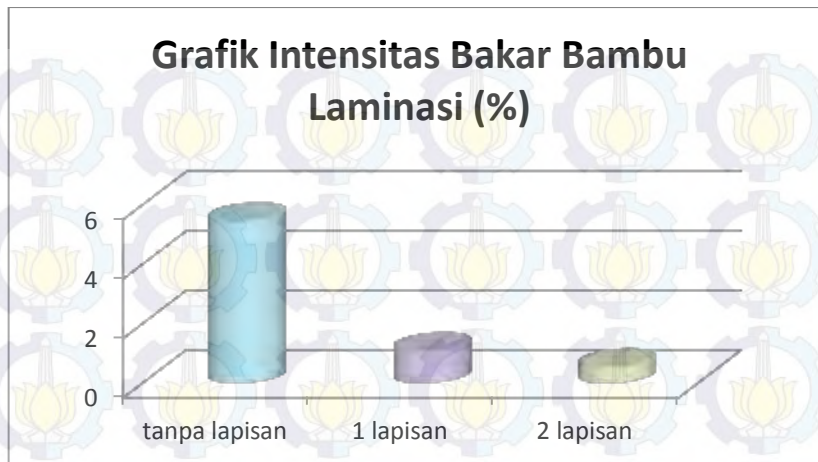
Tabel 5.6. Proses pembuatan *ceiling*, dan *lining* bambu laminasi dan plywood

No	Proses Pembuatan <i>Ceiling</i> dan <i>Lining</i>	
	Bambu	Plywood
1	Persiapan bahan dasar	Persiapan bahan dasar
2	Perekatan	Perekatan
3	Pressing	Pressing
4	Cutting	Cutting
5	Sanding	Sanding
6	Inspeksi	Inspeksi

12.1.3 Analisis Ketahanan Terhadap Api

1. Tingkat Ketahanan Terhadap Api pada Bambu Laminasi

Pengujian bakar pada papan bambu laminasi berukuran 30x20x1.5 cm ini dilakukan selama empat menit dengan suhu bakar 180⁰ C. Perbedaan nilai intensitas bakar antara bambu laminasi tanpa lapisan penghambat api dengan bambu laminasi dilapisi bahan penghambat api sangat signifikan yaitu sebesar 5,455 % dan 1,089 %.



Gambar 5.3. Grafik Intensitas Bakar Bambu Laminasi

Gambar 5.3 menunjukkan grafik perbedaan nilai intensitas bakar yang cukup signifikan antara bambu laminasi tanpa lapisan bahan penghambat api dengan bambu laminasi menggunakan lapisan bahan penghambat api. Nilai intensitas bakar pada bambu laminasi tanpa lapisan bahan penghambat api sebesar 5,455 %, sedangkan bambu laminasi dengan lapisan bahan penghambat api satu lapis dan dua lapis sebesar 1,089% dan 0,543 %.

2. Tingkat Ketahanan Terhadap Api pada Kayu Jati

Pengujian bakar pada papan bambu laminasi berukuran 30x20x1.5 cm ini dilakukan selama empat menit dengan suhu bakar 180⁰ C. Perbedaan nilai intensitas bakar antara kayu Jati tanpa lapisan penghambat api dengan kayu Jati dilapisi bahan penghambat api sangat signifikan yaitu sebesar 5,25 % dan 1,998 %. Nilai intensitas bakar ini diperoleh dari prosentase pengurangan berat awal benda uji sebelum pembakaran dengan berat benda setelah pembakaran selama 4 menit. Besarnya konsentrasi bahan penghambat api sangat mempengaruhi besarnya nilai intensitas bakar.



Gambar 5.4. Grafik Intensitas Bakar Kayu Jati

Gambar 5.4 menunjukkan grafik perbedaan nilai intensitas bakar yang cukup signifikan antara kayu Jati tanpa lapisan bahan penghambat api dengan kayu Jati menggunakan lapisan bahan penghambat api. Nilai intensitas bakar pada kayu Jati tanpa lapisan bahan penghambat api sebesar 6,25 %, sedangkan kayu Jati dengan lapisan bahan penghambat api satu lapis dan dua lapis sebesar 1,998 % dan 0,623 %.

Hasil uji analisis sidik ragam terhadap nilai intensitas bakar contoh uji menunjukkan bahwa faktor konsentrasi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap nilai intensitas bakar contoh uji pada taraf signifikansi 1 %. Sedangkan untuk faktor besar tekanan dan interaksi antara konsentrasi dan besar tekanan tidak berpengaruh nyata pada nilai intensitas bakar contoh uji pada taraf signifikansi 1 % dan 5 %. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas bakar bahan pengawet dipengaruhi oleh faktor tunggal yaitu konsentrasi yang digunakan. Menurunnya intensitas bakar yang terjadi dengan semakin naiknya konsentrasi bahan penghambat api dapat dimengerti, karena semakin tinggi konsentrasi bahan pengawet yang digunakan akan menghasilkan retensi yang tinggi sehingga kandungan zat aktif yang efektif untuk menahan jalar api juga semakin besar, akibatnya nilai pengurangan berat semakin turun dan membuat intensitas bakar menjadi rendah. Hal tersebut juga didukung oleh adanya pengaruh dari Bahan Penghambat Api (BPA) saat terjadi pirolisis yang mampu untuk memodifikasi peristiwa pirolisis kayu menuju pembentukan gas-gas yang bersifat volatil dan tidak mudah terbakar serta mempercepat pembentukan arang. contoh uji yang diawetkan dengan baik dengan suatu zat kimia yang efektif akan berhenti menyala hampir sesaat nyala gas tersebut disingkirkan dan suhunya relatif tetap rendah serta dengan penambahan BPA kayu dapat berubah menjadi arang tanpa menimbulkan penyebaran bara (nyala api) dan mengurangi pelepasan gas gas mudah terbakar.

12.1.4 Keunggulan dan Kelebihan Produk Interior Berbahan Bambu Laminasi

Tabel 5.7. Keunggulan Produk Interior Bambu Laminasi

No	Kelebihan	Plywood	Laminasi Bambu
1	Kekuatan	Kelas kuat kayu III	Kelas kuat kayu II
2	Keawetan	Kelas awet kayu III (3 th -5 th)	Kelas awet kayu II (5 th -8 th)
3	Berat	Tebal minimal 20mm sehingga lebih berat	Tebal minimal 10mm sehingga lebih ringan
4	Ketahanan Gores	Pelapis HPL (mudah terkelupas dan mudah tergores)	<i>Water glass</i> (lapisan penghambat api)
5	Ketahanan Air	Bahan perekat Urea Formaldehyde (tidak tahan terhadap air)	Bahan Perekat Epoxy Polyamide (tahan terhadap air) & sudah <i>Marine Use</i>

Dari Tabel 5.7 tersebut keuntungan dan kelebihan penggunaan furnitur berbahan bambu laminasi untuk kapal sebagai berikut:

1. Interior bambu laminasi masuk kelas kuat kayu II sehingga lebih kuat dibandingkan dengan interior dari bahan *plywood* yang masuk kelas kuat III sehingga interior bambu laminasi tidak mudah rusak ketika digunakan.
2. Interiorr bambu laminasi termasuk kelas awet kayu II sehingga bisa digunakan untuk jangka waktu (*life time*) yang lama 5tahun-8tahun sedangkan untuk bahan *plywood* termasuk kelas awet kayu III yang hanya bisa digunakan untuk 3tahun-5tahun, sehingga didapat keuntungan waktu penggunaan interior tersebut pada kapal.
3. Untuk berat interior bambu laminasi lebih ringan dibandingkan dengan interior *plywood*. Pada Tabel 5.8 dapat diketahui berat papan bambu laminasi dan kayu jati.

Tabel 5.8. Perbandingan Berat Bambu Laminasi dan Kayu Jati

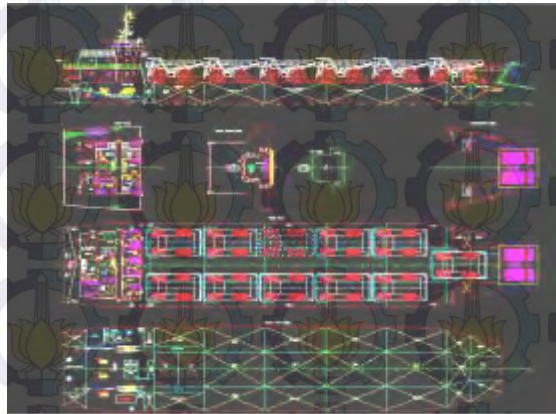
Berat Papan				
Bahan Baku	Berat Jenis (kg/m ³)	Luas (m ²)	Tebal (m)	Berat (kg)
Jati	550	0.06	0.0015	0.8
Bambu	770	0.06	0.0015	0.55

Dari hasil tersebut didapatkan berat papan dari bahan bambu laminasi 0.55 kg, sedangkan untuk bahan kayu jati beratnya 0.8 kg. Untuk papan bambu laminasi lebih ringan 31% dari pada bahan kayu jati sehingga penggunaan interior bambu laminasi tidak menambah berat dari kapal itu sendiri.

4. Untuk bahan pelapis furnitur bambu laminasi digunakan *water glass* hal ini agar furnitur tahan gores dan tidak mudah terbakar sedangkan untuk bahan *plywood* atau kayu solidc umumnya menggunakan HPL sebagai bahan pelapisnya, bahan HPL ini mudah terkelupas dan tergores. Untuk furnitur kapal lebih menggunakan furnitur bahan bambu laminasi karena tidak mudah tergores atau rusak sehingga bisa digunakan untuk waktu yang lama.
5. Untuk ketahanan terhadap air interior bambu laminasi sudah menggunakan bahan perekat *epoxy polyamide* yang tahan terhadap air dan sudah *marine use*, sedangkan untuk interior *plywood* atau kayu solid bahan perekat yang umum digunakan adalah *urea formaldehyde* yang tidak tahan air. Sehingga penggunaan interior dari bambu laminasi pada kapal sangat menguntungkan karena tahan terhadap air.

12.1.5 Kebutuhan *Deck Covering*, *Ceiling*, dan *Lining* LCT

Dalam proses penentuan kebutuhan *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal kapal ini, digunakan referensi data kapal LCT yang dibangun di salah satu galangan kapal baja di Batam. Pada Gambar 5.5 adalah rancangan umum kapal LCT MV. Adinda Gitta. Penentuan kebutuhan material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* ini bertujuan untuk membantu proses menganalisis nilai ekonomis penggunaan material berbahan bambu laminasi.



Gambar 5.5. General arrangement LCT Adinda Gitta

Berikut data-data kebutuhan *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* :

1. Poop Deck

Pada Gambar 5.6 adalah gambar general arrangement yang menunjukkan ruangan-ruangan pada *poop deck*. Dari gambar tersebut dapat dihitung luasan ruangan-ruangan yang ada di kapal. Setiap ruangan di bagian *poop deck* memiliki luasan yang berbeda. Luasan ruangan ini digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan material *deck covering*, *celing*, dan *lining*.



Gambar 5.6. General arrangement *poop deck*

Dari Gambar 5.6 dapat dihitung jumlah kebutuhan material material deck *covering*, *ceiling*, dan *lining* pada *poop deck* yang ditunjukkan pada Tabel 5.9 di bawah ini :

Tabel 5.9. Perhitungan kebutuhan material di *poop deck*

Poop Deck		Deck covering (mm ²)	Ceiling (mm ²)	Lining (mm ²)
	emrg. Genset room	4.860.000	4.860.000	24.300.000
	Reefer genset room	12.960.000	12.960.000	40.500.000
	lavatory	6.409.800	6.409.800	27.399.600
	AHU room	4.927.500	4.927.500	24.435.000
	owner's room	15.540.000	15.540.000	42.660.000
	2 Off. & 2 eng. Room	12.210.000	12.210.000	37.800.000
	captain room	13.260.000	13.260.000	39.420.000
	chief officer room	1.122.000	1.122.000	20.142.000
	chief eng. Room	12.240.000	12.240.000	37.800.000
Jumlah	mm²	83.529.300	83.529.300	294.456.600
	m²	83,53	83,53	294,46

2. Main Deck

Pada Gambar 5.7 adalah gambar general arrangement yang menunjukkan ruangan-ruangan pada *poop deck*. Dari gambar tersebut dapat dihitung luasan ruangan-ruangan yang ada di kapal. Setiap ruangan di bagian *main deck* memiliki luasan yang berbeda. Luasan ruangan ini digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan material *deck covering*, *celing*, dan *lining*



Gambar 5.7. General arrangement *main deck*

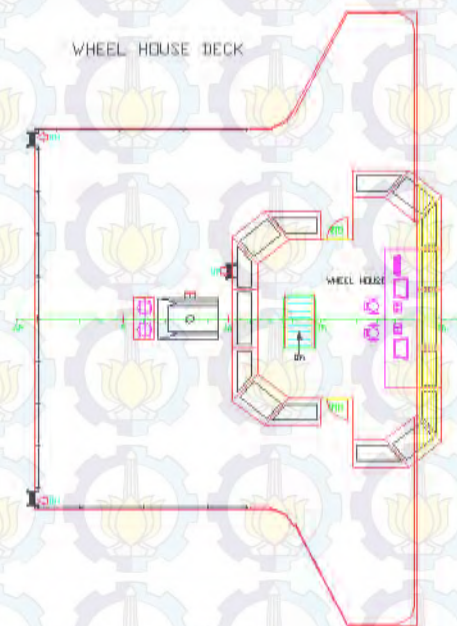
Dari hasil perhitungan luasan ruangan di bagian *main deck*, jumlah kebutuhan material material deck covering, ceiling, dan lining pada *main deck* ditunjukkan pada Tabel 5.10 di bawah ini :

Tabel 5.10. Perhitungan kebutuhan material di *main deck*

Main Deck	Deck covering (mm ²)	Ceiling (mm ²)	Lining (mm ²)
2 officer	10.030.000	10.030.000	34.290.000
4 crews	11.220.000	11.220.000	36.180.000
4 crews	11.220.000	11.220.000	36.180.000
office	6.120.000	6.120.000	28.080.000
clinic	10.200.000	10.200.000	34.560.000
lavatory	20.720.000	20.720.000	50.220.000
mess room	20.720.000	20.720.000	50.220.000
Jumlah mm²	90.230.000	90.230.000	269.730.000
m²	90,23	90,23	269,73

3. Wheel House

Pada Gambar 5.8 adalah gambar general arrangement yang menunjukkan ruangan-ruangan pada *wheel house deck*. Dari gambar tersebut dapat dihitung luasan ruangan-ruangan yang ada di kapal. Setiap ruangan di bagian *wheel house deck* memiliki luasan yang berbeda. Luasan ruangan ini digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan material *deck covering*, *celing*, dan *lining*



Gambar 5.8. General arrangement *wheel house deck*

Dari hasil perhitungan luasan ruangan di bagian *wheel house deck* Jumlah kebutuhan material material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* pada *wheel house deck* ditunjukkan pada Tabel 5.11 di bawah ini :

Tabel 5.11. Perhitungan kebutuhan material di *wheel house deck*

Wheel House Deck		Deck covering (mm ²)	Ceiling (mm ²)	Lining (mm ²)
		24.750.000	30.800.000	54.000.000
Jumlah	mm²	24.750.000	30.800.000	54.000.000
	m²	24,75	30,80	54,00

Pada Tabel 5.12 menunjukkan jumlah seluruh kebutuhan material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal LCT MV. Adinda Gitta yang diperoleh dari total kebutuhan material interior pada bagian *poop deck*, *main deck*, dan *wheel house deck*.

Tabel 5.12. Kebutuhan *deck covering*, *ceiling*, dan *lining*

Ruangan		Deck covering (mm ²)	Ceiling (mm ²)	Lining (mm ²)
Poop Deck				
	emrg. Genset room	4.860.000	4.860.000	24.300.000
	Reefer genset room	12.960.000	12.960.000	40.500.000
	lavatory	6.409.800	6.409.800	27.399.600
	AHU room	4.927.500	4.927.500	24.435.000
	owner's room	15.540.000	15.540.000	42.660.000
	2 Off. & 2 eng. Room	12.210.000	12.210.000	37.800.000
	captain room	13.260.000	13.260.000	39.420.000
	chief officer room	1.122.000	1.122.000	20.142.000
	chief eng. Room	12.240.000	12.240.000	37.800.000
Main Deck				
	2 officer	10.030.000	10.030.000	34.290.000
	4 crews	11.220.000	11.220.000	36.180.000
	4 crews	11.220.000	11.220.000	36.180.000
	office	6.120.000	6.120.000	28.080.000
	clinic	10.200.000	10.200.000	34.560.000
	lavatory	20.720.000	20.720.000	50.220.000
	mess room	20.720.000	20.720.000	50.220.000
wheel house deck		24.750.000	30.800.000	54.000.000
Total kebutuhan		198.509.300	204.559.300	618.186.600

5.2. ANALISIS EKONOMIS

Perhitungan ekonomis pada penelitian ini adalah perhitungan setiap 1 m³ bambu laminasi. Harga ini yang nantinya dihitung dan dibandingkan dengan 1 m³ balok kayu jati sebagai material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal. Diasumsikan kebutuhan kayu pada proses produksi *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* kapal adalah kebutuhan kayu yang terpasang. Kebutuhan material dapat dihitung berdasarkan luasan penampang sesuai perhitungan kebutuhan material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* dari general arrangement LCT MV. Adinda Gitta.

5.2.1 Biaya Material

Perhitungan ekonomis dihitung berdasarkan satu meter kubik bambu adalah sebagai berikut:

- Ukuran balok 1 m³ bambu : 100x100x100 cm
- Harga per bilah @4m : Rp 4.500,00
- Harga tenaga kerja per hari : Rp 75.000,00
- Harga tenaga kerja per jam efektif : RP 9.375,00
- Coverage area per satu gallon epoxy adalah 250 ft².

1 gallon Epoxy = 4 kg Epoxy

1 kg Epoxy dapat menutupi permukaan seluas 57.600 cm²

4 kg Epoxy dapat menutupi permukaan seluas 230.400 cm²

Tabel 5.13. Kebutuhan *deck covering*, *ceiling*, dan *lining*

Komponen	Ukuran Bilah			Volume 1 bilah (cm ³)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	
	P	L	T	V (P*L*T)
Balok Laminasi 1 m ³	100	100	100	1.000.000

Diasumsikan ukuran balok laminasi dengan volume 1 m³ adalah berukuran panjang 100 cm, lebar 100 cm, dan tebal 100 cm. Sehingga didapatkan ukuran 1000000 cm³ sesuai dengan Tabel 5.13.

Tabel 5.14. Kebutuhan *deck covering*, *ceiling*, dan *lining*

Komponen	Ukuran Bilah			Volume 1 bilah (cm ³)	Jumlah Bilah/layer	Luas Permukaan		Jumlah layer	Luas permukaan Laminasi (Cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)			Atas (Cm ²)	Sisi (Cm ²)		
	1	2	3	4(1*2*3)	5(1/2)	6(P*L)	7(P*3*5)	8	9((6+7)*8)
Balok laminasi 1 m ³	400	3	0,7	840	133	10.000	9.333	143	2.765.000

Tabel 5.14 menunjukkan perhitungan untuk mencari luas permukaan laminasi bambu yang akan dibuat. Pertama-tama menentukan ukuran berdasarkan produksi yang telah ditentukan sebelumnya yaitu ukuran 400x3x0.5 cm. Dalam hal ini terlihat bahwa ukuran panjang dan tebal yang didapatkan dari ketiga variasi sama. Perbedaan terletak pada ukuran lebar bilah karena ukuran lebar bilah tergantung pada lokasi potong bambu. Bambu variasi pertama terletak pada bagian luar bambu sehingga bisa mendapatkan ukuran yang paling besar. Kemudian dihitung volume setiap variasi dari ukuran bilah tersebut. Kemudian, jumlah layer per bilah didapatkan dari pembagian antara panjang balok dengan lebar. Luas permukaan yang digunakan adalah bagian sisi dan bagian atas. Pada bagian atas didapatkan dari perkalian antara panjang dan lebar balok, sedangkan bagian sisi dari perkalian panjang balok dengan tebal dan jumlah bilah per layer. Kemudian, dihitung jumlah layer dengan membagi tebal balok dengan tebal bilah. Luas permukaan total didapatkan dengan menjumlahkan luas permukaan sisi dengan atas dan dikalikan dengan jumlah layer. Luas permukaan laminasi sebesar 2.765.000 cm².

Tabel 5.15. Biaya Material Laminasi Bambu setiap 1 m³

Volume 1 bilah (cm ³)	Jumlah Bilah	Harga Bilah (Rupiah)	Luas Permukaan Laminasi (cm ²)	Coverage Area Epoxy (cm ² /Kg)	Kebutuhan Epoxy (Kg)	Harga Epoxy per Kg (Rupiah)	Biaya Material (Rupiah)
1	2 (V/1)	3	4	5	6 (4/5)	7	8((2X3)+(6X7))
840	1.191	4.000	2.765.000	57.600	48	135.000	11.242.373,5

Dari Tabel 5.14 didapatkan luas permukaan yang nantinya berfungsi sebagai perhitungan biaya pengeleman. Pada Tabel 5.15 dihitung terlebih dahulu volume tiap bilah yakni dengan mengalikan ukuran panjang, lebar, dan tebal bilah. Jumlah bilah dihitung berdasarkan pembagian antara volume balok dibagi dengan volume bilah. Harga setiap bilah adalah Rp 4000. Maka dapat dihitung jumlah harga kebutuhan bilah untuk membuat 1 m³ balok laminasi bambu. Kemudian dihitung juga biaya untuk pengeleman dengan cara membagi luas permukaan laminasi bambu dengan luas permukaan yang dapat dijangkau oleh 1 kg epoxy kemudian dikalikan dengan harga per kg epoxy. Kedua biaya tersebut kemudian dijumlahkan sehingga menjadi biaya material. Biaya material yang dibutuhkan sebesar Rp 11.242.500,00.

5.2.2 Biaya Tenaga Kerja

Data perhitungan tenaga kerja untuk memproduksi 1 meter kubik bambu laminasi diasumsikan sebagai berikut:

- Panjang satu batang utuh bambu : 6 m
- Satu batang bambu menjadi : 6 lonjor
- Waktu pembelahan bambu : 0.5 menit/lonjor
- Jumlah bilah panjang 1 meter per lonjor : 10 bilah
- Waktu pemecahan satu lonjor menjadi bilah : 1.5 menit
- Waktu pelurusan dengan mesin pelurus : 0.5 menit/bilah
- Waktu planer : 0.5 menit/bilah
- Waktu pengeleman 1 meter kubik laminasi : 480 menit
- Harga tenaga kerja per hari : Rp 75.000,00
- Harga tenaga kerja per jam efektif : RP 9.375,00

Tabel 5.16. Jumlah Batang, Bilah,dan Lonjor Bambu

Jumlah Bilah	Jumlah bilah 1 lonjor	jumlah bilah/lonjor	jumlah lonjor	jumlah batang
1191	10	119.1	6	19.85

Pada Tabel 5.16 dihitung terlebih dahulu jumlah bilah, lonjor, dan batang bambu yang dibutuhkan dalam proses produksi. Jumlah bilah didapatkan dari Tabel 5.15 yakni dibutuhkan 1191 bilah. Sedangkan jumlah bilah yang dapat dihasilkan oleh 1 lonjor bambu sepanjang 1 m adalah 10 buah. Sehingga jumlah bilah per lonjor didapatkan dengan membagi jumlah bilah dengan jumlah bilah per lonjor. Kemudian jumlah batang yang didapatkan dengan membagi jumlah bilah per lonjor dengan jumlah lonjor bambu yang didapatkan dari 1 batang bambu sepanjang 6 m 19.85 batang.

Tabel 5.17. Total Waktu Yang Dibutuhkan

pekerjaan	Jumlah Lonjor	Jumlah Bilah	waktu/ pekerjaan	waktu yang dibutuhkan (menit)
	1	2	3	(1*3) dan (2*3)
Pembelahan batang menjadi lonjor	119.1		0.5	59.55
Pembelahan Lonjor menjadi bilah	119.1		1.5	178.65
Perataan bilah		1191	0.5	595.5
Bilah di planer		1191	0.5	595.5
Pengeleman			480	480
waktu total				1849.65

Pada Tabel 5.17 dihitung waktu total produksi masing – masing variasi laminasi bambu dengan beberapa pekerjaan. Pekerjaan produksi yang dilakukan yakni membelah batang menjadi lonjor bambu, membelah lonjor menjadi bilah, perataan bilah, bilah di planner, dan pengeleman bilah. Setiap pekerjaan diasumsikan membutuhkan waktu tertentu yakni membelah batang dengan waktu 0.5 menit/lonjor, membelah lonjor menjadi bilah dengan waktu 1.5 menit, perataan bilah dengan waktu 0.5 menit, bilah di planner dengan waktu 0.5 menit, dan pengeleman diasumsikan 480 menit/1m³. Kemudian dihitung dengan mengalikan jumlah lonjor dan jumlah bilah dengan waktu yang telah ditentukan setiap pekerjaan. Waktu total yang dibutuhkan adalah 1849,65 menit.

Tabel 5.18. Waktu Pengerjaan Bambu Laminasi Dalam Jam

Waktu (menit)	Waktu (Jam)	Hari
1849.65	30.83	1.29

Berdasarkan Tabel 5.18 proses pengolahan bambu membutuhkan waktu 1,29 hari.

5.2.3 Biaya Pembuatan Contoh Produk

- *Deck Covering*

Untuk mengetahui nilai ekonomis suatu produk, perlu ditentukan harga pokok produk tersebut. Berikut adalah perhitungan harga pokok 4 papan bambu laminasi untuk *deck covering* 600mm x 600mm x 15mm. Pada pembuatan produk ini dibutuhkan 25 bilah bambu dengan panjang 4 meter.

- 25 bilah diratakan dengan mesin multistripsaw = 25 x 0.5 menit = 12,5 menit
- 25 bilah diratakan dengan planner = 25 x 0.5 menit = 12,5 menit
- Waktu pengeleman dan pengepresan = 4x 240 menit = 960 menit
- Total = 985 menit = 16,4 jam
- Biaya tenaga kerja/hari = Rp75.000,00
- Jam kerja efektif dalam sehari = 8 jam
- Biaya jam orang = Rp 9.375,00
- Biaya tenaga kerja = Rp 155.000,00
- Biaya material bambu = Rp 125.000,00
- Biaya lem = Rp 60.000,00
- **Biaya pembuatan contoh produk = Rp 340.000,00**

Harga pokok 4 lembar *deck covering* 600mm x 600mmx15mm adalah **Rp 340.000,00**.

Jadi harga pokok 1 lembar *deck covering* bambu laminasi **Rp 85.000,00**. Sedangkan untuk

material *deck covering* kayu solid harganya masih sangat mahal. Pada Tabel 5.19 dapat dilihat harga material kayu untuk *deck covering*.

Tabel 5.19. Perbandingan Harga *Deck Covering* Bambu Laminasi dengan Kayu

Jenis kayu	Harga (Rupiah/m ²)
Floring jati A	Rp 430.000,00
Merbau	Rp 350.000,00
Bambu laminasi	Rp 340.000,00

Pada Tabel 5.21 ditunjukkan perbandingan biaya pembuatan *deck covering* berbahan bambu laminasi dengan kayu yang ada di pasaran. Bambu laminasi membutuhkan biaya produksi paling murah dibandingkan dengan produk yang menggunakan bahan baku kayu yaitu **Rp340.000,00**.

- ***Ceiling dan Lining***

Pada Tabel 5.20 dapat dilihat perhitungan harga pokok material *ceiling* dan *lining* bambu laminasi 1200mmx600mmx6mm.

Tabel 5.20. Perhitungan harga pokok produk *ceiling* dan *lining*

Kebutuhan	Harga
Biaya tenaga kerja	Rp 50.000,00
Biaya material bambu	Rp 40.000,00
Biaya lem	Rp 70.000,00
Overhead	Rp 25.000,00
Harga Pokok Produksi	Rp 185.000,00

Harga pokok 2 lembar *ceiling* dan *lining* 1200mm x 600mmx6mm adalah **Rp 185.000,00**. Jadi harga pokok 1 lembar *ceiling* dan *lining* bambu laminasi **Rp 92.500,00**. Biaya produksi material *ceiling* dan *lining* bambu laminasi masih sangat mahal dan tidak efisien karena kebutuhan lem yang sangat banyak sehingga menambah biaya produksi. Sedangkan untuk material *ceiling* dan *lining* yang ada dipasaran harganya jauh lebih murah.

Tabel 5.21. Perbandingan Harga *Ceiling dan Lining*

Spesifikasi Barang	Ukuran	Harga (Rp.)
Triplek Tebal 3 mm	1220x2440	Rp 42.000,00
Triplek Tebal 4 mm	1220x2440	Rp 52.000,00
Triplek Tebal 6 mm	1220x2440	Rp 95.000,00
Bambu laminasi 6mm	1200 x2400	Rp 185.000,00

Pada Tabel 5.21 ditunjukkan perbandingan biaya pembuatan produk *ceiling* dan *lining* berbahan bambu laminasi paling tinggi diantara produk yang lain yaitu **Rp 185.000,00**. Harga perekat tidak seimbang dengan harga bahan baku. Harga lem lebih mahal daripada harga material. Sehingga produk ini tidak ekonomis untuk diproduksi.

5.2.4 Perbandingan Biaya Penggunaan Bambu Laminasi dan Kayu untuk *Deck Covering*, *Ceiling*, dan *Lining* Kapal LCT

- ***Deck Covering***

Pada Tabel 5.22 ditunjukan perbandingan biaya penggunaan *deck covering* berbahan bambu laminasi dengan kayu. Pada kolom luasan merupakan total luasan kebutuhan *deck covering* kapal yang telah dihitung sebelumnya. Sedangkan luasan produk merupakan luas contoh produk yang dibuat dan produk yang ada di pasaran. Total biaya diperoleh dari harga pokok produk dikalikan dengan jumlah kebutuhan. Dari perhitungan tersebut didapatkan total biaya penggunaan *deck covering* berbahan bambu laminasi paling rendah diantara bahan kayu, yaitu sebesar **Rp67.824.010,00**. Jadi biaya produk *deck covering* bambu laminasi adalah **Rp236.000,00/m²**

Tabel 5.22. Perbandingan Biaya Penggunaan Material *Deck Covering*

Material	Luasan (a) m ²	Luasan Produk (b) m ²	Kebutuhan (a/b)	HPP	Total biaya (Rupiah)
Jati	198.5	1	198.5	Rp 430.000,00	Rp 85.359.000,-
Merbau	198.5	1	198.5	Rp 350.000,00	Rp 69.479.000,-
Bambu Laminasi	198.5	1.44	137.9	Rp 340.000,00	Rp 46.871.000,-

- ***Ceiling***

Pada Tabel 5.23 ditunjukan perbandingan biaya penggunaan *ceiling* berbahan bambu laminasi dengan kayu. Pada kolom luasan merupakan total luasan kebutuhan *ceiling* kapal yang telah dihitung sebelumnya. Sedangkan luasan produk merupakan luas contoh produk yang dibuat dan produk yang ada di pasaran. Total biaya diperoleh dari harga pokok produk dikalikan dengan jumlah kebutuhan. Dari perhitungan tersebut didapatkan total biaya penggunaan *ceiling* berbahan bambu laminasi lebih mahal dibandingkan dengan multipleks, yaitu sebesar **Rp 13.140.000,00** sedangkan multipleks sebesar **Rp 6.528.500,00**. Jadi harga *ceiling* berbahan bambu laminasi dua kali lebih mahal dari multipleks yaitu **Rp 64.500/m²**, sedangkan multipleks **Rp 32.000,00/m²**.

Tabel 5.23. Perbandingan Biaya Penggunaan Material *Ceiling*

Material	Luasan (a) m ²	Luasan Produk (b) m ²	Kebutuhan (a/b)	HPP	Total biaya (Rupiah)
Multipleks 6mm	204.56	2.98	68.72	Rp 95.000,00	Rp 6.528.500,-
Bambu Laminasi	204.56	2.88	71.03	Rp 185.000,00	Rp 13.140.000,-

- **Lining**

Pada Tabel 5.24 ditunjukkan perbandingan biaya penggunaan *lining* berbahan bambu laminasi dengan kayu. Pada kolom luasan merupakan total luasan kebutuhan *lining* kapal yang telah dihitung sebelumnya. Sedangkan luasan produk merupakan luas contoh produk yang dibuat dan produk yang ada di pasaran. Total biaya diperoleh dari harga pokok produk dikalikan dengan jumlah kebutuhan. Dari perhitungan tersebut didapatkan total biaya penggunaan *lining* berbahan bambu laminasi dua kali lebih mahal dibandingkan dengan multipleks, yaitu sebesar **Rp39.710.000,00** sedangkan multipleks sebesar **Rp19.728.500,00**.

Tabel 5.24. Perbandingan Biaya Penggunaan Material *Lining*

Material	Luasan (a) m ²	Luasan Produk (b) m ²	Kebutuhan (a/b)	HPP	Total biaya (Rupiah)
Multipleks 6mm	618.19	2.98	207.67	Rp 95.000,00	Rp 19.728.500,-
Bambu Laminasi	618.19	2.88	214.65	Rp 185.000,00	Rp 39.710.000,-

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat diberi kesimpulan sebagai berikut :

1. Sesuai aturan Safety Of Life At Sea (SOLAS), penggunaan material *deck covering*, *ceiling*, dan *lining* di kapal harus fire retardant (tidak cepat terbakar). Ada dua jenis material interior yang sering digunakan di kapal yaitu material buatan seperti panel-panel dan material berbahan baku alami yaitu kayu. Namun harga kedua material tersebut tergolong masih cukup mahal. Sehingga dibutuhkan bahan baku alternatif yang lebih murah tetapi berkualitas baik. Bambu laminasi merupakan salah satu bahan baku alternatif yang dapat menggantikan bahan baku alami yang dapat didaur ulang dan ramah lingkungan.
2. Desain *deck covering* ukuran 600mmx600mmx15mm dengan system *interlocking/puzzle* dan desain *Ceiling* dan *lining* berukuran 1200mmx600mmx6mm lebih cocok digunakan di kapal. lebih menghemat waktu pemasangan, penggunaan perekat sambungan, dan sedikit sisa potongan material pada saat proses fabrikasi.
3. Tingkat ketahanan bambu laminasi tanpa lapisan cat pelapis akan mudah terbakar. Sehingga dibutuhkan suatu pelapis sebagai penghambat penyebaran api ketika terjadi kebakaran. Penggunaan natrium silikat sebagai bahan penghambat api mampu memperkecil intensitas bakar. Intensitas bakar bambu laminasi tanpa lapisan natrium silikat sebesar 5%. Sedangkan intensitas bakar bambu laminasi dengan lapisan natrium silikat kurang dari 2%. Sehingga material tidak cepat terbakar sesuai aturan Safety Of Life At Sea (SOLAS) tentang material fire retardant (tidak cepat terbakar).
4. Penggunaan produk *deck covering* berbahan bambu laminasi lebih lebih murah dari kayu dengan kelas kuat II, sedangkan penggunaan produk *ceiling* dan *lining* berbahan bambu laminasi dua kali lebih mahal dari produk *plywood* yang ada di pasaran.

6.2. SARAN

Saran dari peneliti terkait Tugas Akhir ini adalah:

1. Perlu diteliti proses pelapisan lapisan penghambat api dengan cara perendaman pada cairan natrium silikat untuk memperoleh hasil yang maksimal.
2. Perlu alternatif bambu jenis lain dan teknik pembuatan produk *ceiling* dan *lining* yang lebih ekonomis.
3. Perlunya pembudidayaan bambu yang baik agar kualitas bambu yang dihasilkan lurus dan tebal sebagai bahan baku baik dan salah satu produk hutan bukan kayu disetiap daerah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, Agastya Surya (2013). *Analisis Perngaruh Variasi Umur Bambu Terhadap Kekuatan Bambu laminasi Sebagai Material Alternatif Pengganti Kayu Pada Pembuatan Kapal Kayu*. Tugas Akhir, Surabaya: FTK-ITS, Jurusan T. Perkapalan. Hal 60-64
- Akbar, A. (2013). *Studi Penggunaan Bambu Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Kayu Untuk Bahan Pembuatan Bangunan Atas Kapal*. Surabaya: Teknik Perkapalan-ITS.
- ASTM E-69 02. (2004). *Standard Test Methods for Combustibles Properties of Treated Wood by the Fire-Tube Appratus*.
- Damanauw, J. F. (2001). *Mengenal Kayu*. Yogyakarta: Kanisius.
- Dransfield, S., and E.A. Widjaja. 1995. *Plant Resources of South East Asia (PROSEA) No. 7: Bamboos*. Backhuys Publisher Leiden.
- Frick, H. (2004). *Konstruksi Bangunan Bambu*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hijauku.com, R. (2013). *Tahun Kritis Tata Kelola Hutan Indonesia*. Diambil kembali dari <http://www.hijauku.com/2013/03/21/2013-tahun-kritis-tata-kelola-hutan-indonesia/>: <http://www.hijauku.com/>
- Kollmann, F. F., & Cote, W. A. (1968). *Principles of Wood Science and Technology. Vol I Solid Wood*. Berlin: Springer Verlag.
- Mardikanto, T. R. (1979). *Sifat-Sifat Mekanis Kayu*. Bogor: IPB.
- Morisco. (1999). *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Morisco. (2006). *Teknologi Bambu*. Yogyakarta: UGM.
- Muin, M., Suhasman, N.P. Oka, B. Putranto, Baharuddin, dan S. Millang, 2006. *Pengembangan Potensi dan Pemanfaatan Bambu sebagai Bahan Baku Konstruksi dan Industri di Sulawesi Selatan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Propinsi Sulawesi Selatan.
- Retro. (2010). *Mengenal Jaring Purse Seine*. Dipetik Juni 3, 2013, dari <http://budidayaukm.blogspot.com/2011/05/mengenal-jaring-purse-seine.html>
- Setianto, I. (2007). *Kapal Perikanan*. Semarang: UNDIP.

- Siponco, J O. Munandar, M. (1987). *Technology Manual on Bamboo as Building Material*. Manila: RENAS-MNTCS.
- SNI 01-5008.2. (1999). *Kayu Lapis dan Papan Balok Penggunaan Umum*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- SNI 03-2105. (2006). *Kayu Lapis untuk papan partikel*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- SNI 03-7211. (2006). *Kayu Lapis untuk kapal dan perahu*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Supardi, A. (2007). *Kapal Penangkap Ikan*. Jakarta: STP Press Jakarta.
- Suryadi, A. (2012). *Kayu Laminasi*. Dipetik Juni 3, 2013, dari <http://www.ariefsuryadi.blogspot.com/2012/05/kayu-laminasi.html>
- Tsoumis, G. (1991). *Science and Technology of Wood; Structure, Properties, Utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Widjaja, E. A. (2001). *Identikit jenis-jenis bambu di Jawa*. Cibinong: LIPI.
- Widodo, A. B. (2008). Karakterisasi Material Laminasi Kayu Jati dan Bambu Betung Untuk Penggunaan Struktur Kapal. *Disertasi*. Surabaya: ITS.

Lampiran 1.

Standard ASTM E 69-02



Designation: E 69 – 02

Standard Test Method for Combustible Properties of Treated Wood by the Fire-Tube Apparatus¹

This Standard is intended to be used in conjunction with the purpose specified in the title. The designation indicates the state of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscripted number in parentheses indicates an editorial change since the last revision of the standard.

1. Scope

1.1 This test method covers fire-tube test procedures for fire tests for combustible properties of wood treated to reduce flammability. This test method relates to properties of treated wood, as such, rather than to the performance of a fabrication used as an element of construction. Performance under this test method shall be as prescribed in requirements applicable to materials intended for specific uses.

1.2 This test method is a fire-test-response standard.

1.3 The SI values given in parentheses are provided for information purposes only.

1.4 *This standard should be used to measure and describe the properties of materials, products, or assemblies in response to heat and flame under controlled laboratory conditions and should not be used to describe or approve the fire hazard or fire risk of materials, products, or assemblies under actual fire conditions. However, results of this test may be used as elements of a fire risk assessment which takes into account all of the factors which are pertinent to an assessment of the fire hazard of a particular end use.*

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*

D 9 Terminology Relating to Wood²

E 176 Terminology of Fire Standards³

3. Terminology

3.1 **Definitions**—For definitions of terms found in this test method, refer to Terminologies D 9 and E 176.

4. Significance and Use

4.1 The purpose of this test method is to provide a relative measurement of the combustibility of fire-retardant-treated wood specimens based on their percentage loss in weight under controlled fire exposure conditions (1)⁴. In addition, other possible data include rate of weight loss, time of flaming and afterglowing, increase in temperature, and maximum vertical flame progress.

4.2 This test method is not sufficiently large scale to evaluate the suitability of a given treated product for building construction, but it is a convenient method to use for purposes of development or as a quality-control test during manufacture.

4.3 This test method gives a procedure for sampling and preparation of test specimens from a lot of treated material in which complete penetration is a requirement. A procedure is also given for the sampling of charges at a treating plant for purposes of quality control of the treatment process.

4.4 This test method has proven useful for evaluating comparative fire performance effectiveness of fire-retardant chemicals and treatment formulations for wood and wood products (2-5).

4.5 In this test method, the specimens are subjected to one or more specific sets of laboratory test conditions. If different test conditions are substituted or the anticipated end-use conditions are changed, it may not be possible by or from this test method to predict changes in the fire-test-response characteristics measured. Therefore, the results are valid only for the fire test exposure conditions described in this procedure.

5. Apparatus

5.1 The apparatus for conducting the fire-tube test shall consist of the fire-tube assembly and accessory equipment as follows:

5.1.1 **Fire-Tube Assembly**—A specially constructed balance designed to indicate directly the percentage loss of weight suffered by the test specimen when exposed to a standardized flame for a given duration. Essential construction details of the apparatus assembly are shown in Fig. 1 and Fig. 2.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Subcommittee D9.10 on Wood and is the direct responsibility of Subcommittee D9.10.1 on Fire Retardancy of Wood.

² Current edition approved April 10, 2002; published June 2002. (original published as D 9 – 46). Last revision edition 01-01-04.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol. 14.03.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol. 06.01.

⁵ The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this test method.



FIG. 1 Construction Details of Fire-Tube Apparatus

Inch-Pound Units

36 in.
14 in.
14 in.
14 in.
14 in.
14 in.
14 in.
14 in.
14 in.
14 in.

SI Units

914 mm
354 mm
354 mm
354 mm
354 mm
354 mm
354 mm
354 mm
354 mm
354 mm

Inch-Pound Units

40 in.
40 in.
40 in.
40 in.
40 in.
40 in.
40 in.
40 in.
40 in.
40 in.

SI Units

1016 mm
1016 mm
1016 mm
1016 mm
1016 mm
1016 mm
1016 mm
1016 mm
1016 mm
1016 mm

5.1.2 Igniting Burner—The igniting burner is to be of the low-form (curved-stem) burner type, having an inside tube diameter of $\frac{1}{8}$ in. (9.5 mm) and attached to a ring-stand support. The igniting burner shall be provided with a device to maintain a constant gas flow, as described in 5.1.2.1 and the flame calibration, as required by 9.4.

5.1.2.1 Gas Flow Device—Typical devices utilized to control gas flow are manometers, pressure regulators or gas flowmeters with a rating of 0 to 5 SCFH (0 to 142 L/h). A gas flowmeter is desirable since they are readily available, very accurate, and inexpensive.

5.1.3 Temperature-Indicating Apparatus—A thermometer or thermocouple equipment that will indicate temperatures up to 1000°F (538°C).

5.1.4 Timer—A timing device capable of being read to minutes and seconds.

5.1.5 Balance—A balance with readability of 0.1 g and suitable for weighing test specimens and moisture-content samples.

5.1.6 Oven—A variable thermostatically controlled oven for moisture-content determinations.

6. Sampling and Test Specimens for Wood Impregnated Throughout Entire Section

6.1 For interior trim or other lumber requiring penetration of treating solution throughout the section (but not for wood given incomplete penetration), the test specimens shall be prepared as follows:

6.1.1 At least one sample shall be taken from the lot for each 5000 bd ft or fraction thereof. Different species, and pieces of the same species with widely different thicknesses, shall be considered as separate lots and sampled accordingly. The samples shall be selected so as to include material from different sections of a finished unit or different lengths of finished trim, or to include variations such as heartwood or sapwood, rate of growth, density, and other visible nonuniformities. Samples shall be cut not closer than 2 ft (0.6 m) from the ends of treated boards.

6.1.2 Not less than five tests shall be made from each sample, except that where the quantity is less than 2000 bd ft the number of tests shall be left to the discretion of the testing authority but shall be not less than two.

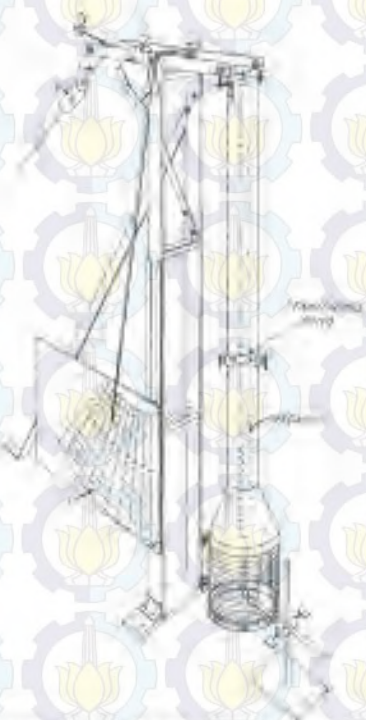


FIG. 2 Assembly of Fire-Tube Apparatus for Procedure A

6.1.3 The standard specimens cut from the selected samples shall be $\frac{1}{2}$ by $\frac{1}{2}$ in. (9.5 by 19 mm) in cross section by 40 in. (1016 mm) in length, with surfaces smooth-sawn to dimensions within $\pm\frac{1}{16}$ in. (0.8 mm). Each test specimen shall consist of one piece saved the full 40-in. length or shall be made up of several shorter pieces joined at squared ends with six small wire staples at each joint to give a combined length of 40 in.

6.1.4 From samples taken from boards having thicknesses of $\frac{1}{2}$ in. (19 mm) or more, the specimen shall be prepared by cutting $\frac{1}{2}$ by $\frac{1}{2}$ -in. (9.5 by 19-mm) pieces longitudinally, not nearer than $\frac{1}{8}$ in. from the edge of the sample, and so that the face of the sample appears on one, or both, of the $\frac{1}{2}$ -in. edges of the specimen; provided, however, that if the thickness of the sample exceeds 1 $\frac{1}{2}$ in. (38 mm) an additional test specimen shall be cut from the center of the piece with the $\frac{1}{2}$ -in. edge parallel to the edge of the sample.

6.1.5 From samples taken from boards having thicknesses of $\frac{1}{2}$ in. (9.5 mm) or more but less than $\frac{1}{2}$ in. (19 mm), the specimen shall be prepared by cutting $\frac{1}{2}$ by $\frac{1}{2}$ -in. pieces longitudinally not nearer than $\frac{1}{8}$ in. from the edge of the same, and so that the face of the sample appears on one, or both, of the $\frac{1}{2}$ -in. faces of the specimen.

6.1.6 When the material to be tested is less than $\frac{1}{2}$ in. (9.5 mm) in thickness, a specimen built up in laminated form with plies of approximately equal thickness is acceptable. The plies shall be dressed smooth and assembled by nailing with $\frac{1}{4}$ -in. steel-wire brads (No. 20 Brwg. 0.035-in. nominal thickness).

The weight of nails used shall be recorded for correction of the weight of the specimen.

6.1.7 A composite specimen prepared from more than one sample piece shall be taken so as to be representative of the average quality of the materials to be tested.

7. Sampling and Test Specimens

7.1 Where arrangements are made for sampling of each charge at the treating plant, the specimens shall be obtained as follows:

7.1.1 No charge shall contain less than six sample pieces. These sample pieces shall be of Douglas fir or of the same species and commodity (lumber, plywood, and so forth) of wood as the rest of the material in the charge. Each sample shall bear an identification mark.

7.1.2 Placement of sample pieces in the material to be treated on a tram shall be representative of the average exposure to the treating solution and yet be accessible for ready removal without seriously disturbing the loading.

7.1.3 Sample pieces shall be $\frac{1}{2}$ by $\frac{1}{2}$ in. (9.5 by 19 \pm 0.8 mm) in cross section and be at least 42 in. (1.1 m) in length.

7.1.4 Fire-tube test specimens shall be cut from each selected sample and shall be 40 in. (1.015 m) in length, within $\pm\frac{1}{16}$ in. (0.8 mm). The remainder of the sample 2-in. (51-mm) or greater in length shall be cut off for moisture test specimens.

8. Conditioning

8.1 The moisture content of the specimen when tested shall be 7 ± 3 weight % of the dry material. Make the moisture determination for each specimen on a piece $\frac{1}{2}$ by $\frac{1}{2}$ in. (9.5 by 19 mm) in cross section and 2 to 5 in. (51 to 203 mm) in length, cut adjacent to one end of the specimen. Weigh the moisture test specimen and the fire tube test specimen to the nearest 0.1 g or less and record. Dry the moisture test specimen for 24 h at $112 \pm 3^\circ\text{F}$ ($100 \pm 1.7^\circ\text{C}$) or until a constant weight is achieved. Constant weight is achieved when readings are taken 2 h apart and agree within 0.2 %. Calculate the moisture content as follows:

$$X = (W - W_{\text{dry}}) / W_{\text{dry}} \times 100 \quad (1)$$

where:

X = moisture content of the moisture test specimen, %;
 W = initial weight of the moisture sample, and
 W_{dry} = oven dry weight of the moisture sample.

If the moisture content exceeds 10 %, condition the fire tube test sample or prepared specimen by drying at temperatures not exceeding 160°F (71°C) until the moisture content is within the prescribed limits of 4 to 10 %. If the moisture content of the specimen is less than 4 %, the moisture content can be increased by storing the specimen on a wire screen placed over a pan of water. If not tested immediately, store the specimen, after conditioning in such a manner as to prevent absorption or loss of water.

8.2 Calculate the weight to which the fire tube test specimen must be conditioned to contain 10 % moisture as follows:

$$W_1 = 100(100 + X) / W \quad (2)$$

where:

- W_1 = desired weight of the fire tube test specimen containing 10 % moisture at time of test.
 W_0 = original weight of the fire tube test specimen before conditioning, and
 X = moisture content of the moisture test specimen, %.

Example—If, for example, $X = 15\%$ and the $W_0 = 145$ g, the specimen would be dried to a weight W of 0.95 g, at 139.7 g to contain 10 % moisture.

9.3 Calculate the weight to which the fire tube test specimen must be conditioned to contain 4 % moisture as follows:

$$W_1 = (100/100 + X)(100 - W_0) \quad (7)$$

where W_1 is the desired weight of the fire tube test specimen containing 4 % moisture at time of test.

9. Procedure A

9.1 Use Procedure A where a continuous check on the percentage loss of weight of specimen during exposure to the flame is to be made.

9.2 Conduct the test either in a room free of violent drafts or in a laboratory hood.

9.3 Adjust the temperature probe so that the tip of the thermometer or thermocouple is flush with and in the center of the top plane of the test apparatus.

9.4 *Adjustment of Burner*—Place the burner within the empty fire tube, so that the top of the burner is 1 in. (25 mm) below a 40 in. (1 012 mm) fire tube specimen hung in place with a 1/8 in. (6 mm) cup hook. Adjust the burner and gas regulator to give a blue flame approximately 11 in. (279 mm) in height, with a tall indistinct inner cone. Regulate the flame further to produce a temperature of $356 \pm 9^\circ\text{F}$ ($180 \pm 5^\circ\text{C}$) at the top of the fire tube. This setting should be maintained for at least 1 min to be sure that the flame has stabilized. When the adjustment is satisfactory, withdraw the lighted burner from the fire tube.

9.5 *Adjustment of Fire-Tube Weighing Apparatus*—After ensuring that the beam and fire tube swing freely on their respective knife edges, adjust the apparatus (Note 2) as follows so that the end of the pointer comes to rest:

9.5.1 At the 100 % mark on the loss-of-weight chart when the previously warmed fire tube is empty except for a screw hook used for suspending the specimen, and

9.5.2 At the 0 % mark when the fire tube contains the suspended specimen.

Note 2—Adjustment 7.4.1 is made by suitable manipulation of the counter-weights P and T (Fig. 1), with Rod S forming an angle of approximately 45° with the vertical. Adjustment 7.4.2 is made by appropriately loading or unloading Chart C. To obtain both adjustments with accurately heavy or light specimens, it may be necessary to move Rod N more toward the horizontal or vertical position or to change the position of Weight V . The knife edges of the beam will operate to set satisfactorily when the pointer indicates 50 on the chart with the beam in an approximately horizontal position.

9.6 *Exposure of Test Specimen*—Insert the lighted burner within the fire tube so that the top of the burner is 1 in. (25 mm) below the lower extremity of the specimen with the standardized flame centered on the specimen. Apply the flame to the test specimen for 4 min after which withdraw it from the fire tube.

9.7 *Observation*—Record at 1-min intervals the percentage loss of weight suffered by the test specimen, as indicated by the end of the pointer on the percentage-loss-of-weight chart, until the loss of weight for a 1-min period does not exceed 1 %. The percentage loss of weight shall be considered a measure of the combustibility of the specimen.

Note 3—Chart C forms a seal, from the specimen during the test will be retained on the stem metal bottom of the fire tube. Thus, the weight of this char will be included in the weight of the unburned portion of the specimen.

10. Procedure B

10.1 Use Procedure B where only the final percentage loss of weight of specimen exposed to the flame is to be reported. It is an abridged form of Procedure A.

10.2 It is permitted to eliminate the specially constructed balancing parts of the fire-tube apparatus, as described in 5.1. Under such conditions support the fire-tube elements of the apparatus (shown in Fig. 1) in a vertical position by suspending the tube from the top as shown in Fig. 3 or by means of a clamp or other suitable supports for holding the tube vertical.

10.3 Calculate the final percentage loss of weight from the initial and final weights of the test specimen as

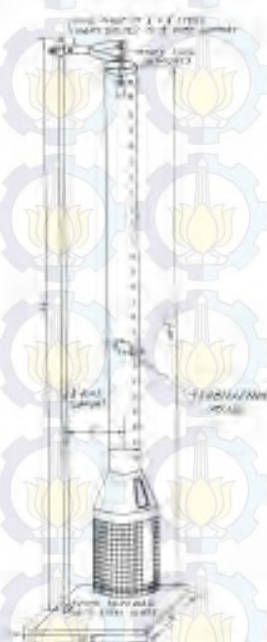


FIG. 3 Assembly of Fire-Tube Apparatus for Procedure E

In Equivalents			
in.	mm	oz.	mm
1/8	3	1/8	127
1/4	6.3	1/4	192
3/8	9.5	3/8	287
1/2	12.7	1/2	381
5/8	15.9	5/8	476
3/4	19.1	3/4	571
7/8	22.3	7/8	665
1	25.4	1	762

$$\% \text{ Weight loss} = \left(\frac{W_i - W_f}{W_i} \right) \times 100 \quad (4)$$

where:

W_i = initial weight, lb(g), and

W_f = final weight, lb(g).

11. Report

11.1 Report the following information:

11.1.1 The percentage moisture content of the test specimens.

11.1.2 The final percentage loss of weight of each specimen after all flaming and glowing has ceased, and

11.1.3 The percentage loss of weight at an intermediate exposure period for each specimen, if so specified in the acceptance requirements for the material tested.

12. Precision and Bias

12.1 *Precision*—The precision of this test method is unknown.

12.2 *Bias*—The procedure in this test method for measuring final percentage loss of weight of specimen exposed to the flame as a measure of combustibility has no bias because the value of the percentage weight loss is defined only in terms of this test method.

13. Keywords

13.1 combustibility; fire retardants; flammability

REFERENCES

- (1) Truse, T. R., and Harrison, C. A., "A New Test for Measuring the Fire Resistance of Wood," *ASTM Proceedings*, Vol 29 (B), 1929, pp. 971-989.
- (2) Enkiner, H. W., and Schaffer, E. L., "Fire-Retardant Effects of Individual Chemicals on Douglas-Fir Plywood," *Fire Technology*, Vol 1(2), May 1967, pp. 90-104.
- (3) Truse, T. R., Harrison, C. A., and Bandler, R. H., "Experiments in Fireproofing Wood—Fifth Progress Report," *American Wood Preservers Association Proceedings*, 1935, pp. 251-247.
- (4) Report on "Composite Fire Tests of Treated and Untreated Wood," prepared by Subcommittee II on Fire Tests of Lumber of Committee C-3, *ASTM Proceedings*, Vol 41, 1941, pp. 259-276.
- (5) Andrews, L. K., "A Study of Fireproofing Successes for Pressure-Treated Lumber," *Proceedings American Wood Preservers Association*, 1942, pp. 462-481.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C7033, West Conshohocken, PA 19380-2033. Other than individual reports (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-639-9000 (phone), 610-639-9700 (fax), or service@astm.org (e-mail), or through the ASTM website (www.astm.org).

Lampiran 2.

Foto Pengujian Bakar Bambu Laminasi

➤ Foto Uji Bakar Bambu Laminasi



➤ Foto Hasil Uji Bakar Bambu Laminasi Tanpa Natrium Silikat



Tanpa lapisan natrium silikat

1 lapisan natrium silikat

2 lapisan natrium silikat

➤ Hasil Uji Bakar Bambu Laminasi

Bambu laminasi	sebelum pembakaran	setelah pembakaran	intensitas bakar (%)
	(gram)		
tanpa lapisan	550	520	5.455
1 lapisan	551	545	1.089
2 lapisan	552	549	0.543

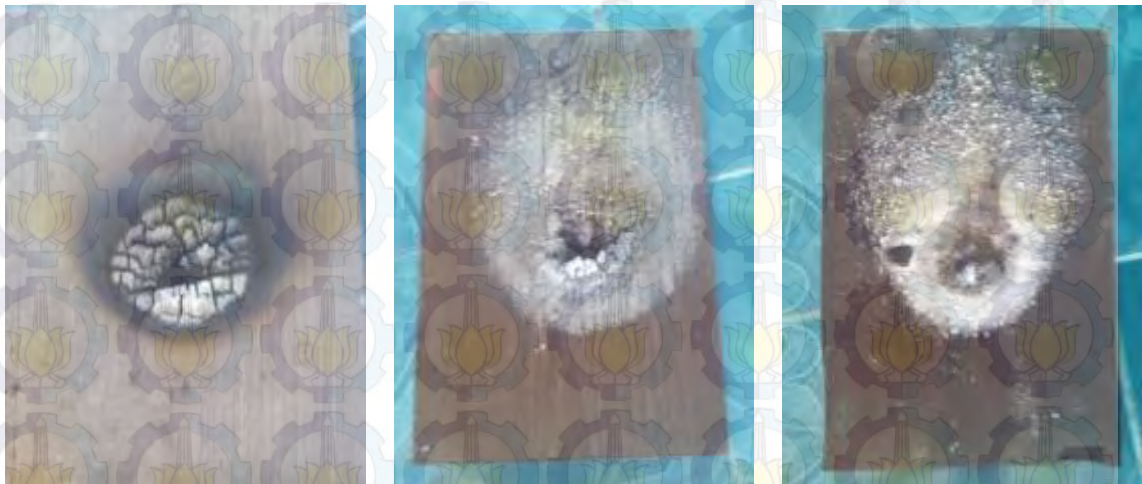
Lampiran 3.

Foto Pengujian Bakar Kayu Jati

➤ Foto Uji Bakar Kayu Jati



➤ Foto Hasil Uji Bakar Kayu Jati



Tanpa lapisan natrium silikat

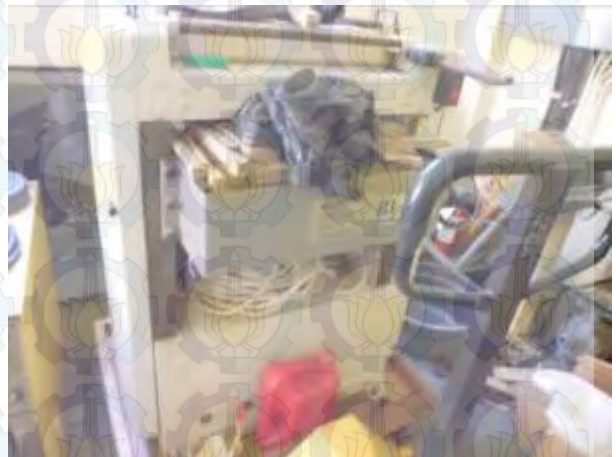
1 lapisan natrium silikat

2 lapisan natrium silikat

➤ Hasil Uji Bakar Kayu Jati

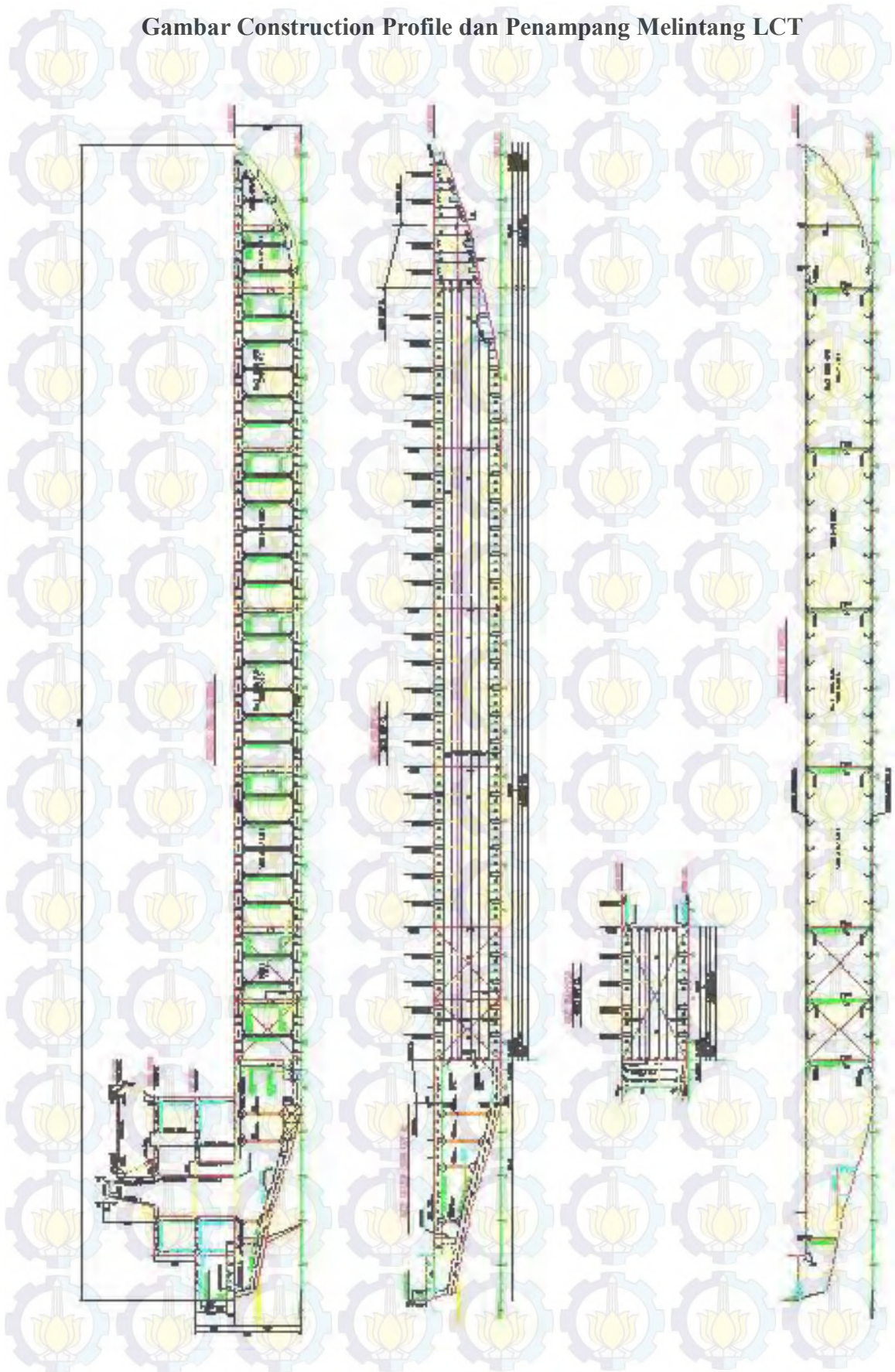
Jati	sebelum pembakaran	setelah pembakaran	intensitas bakar (%)
	(gram)		
tanpa lapisan	800	750	6.25
1 lapisan	801	785	1.998
2 lapisan	802	797	0.623

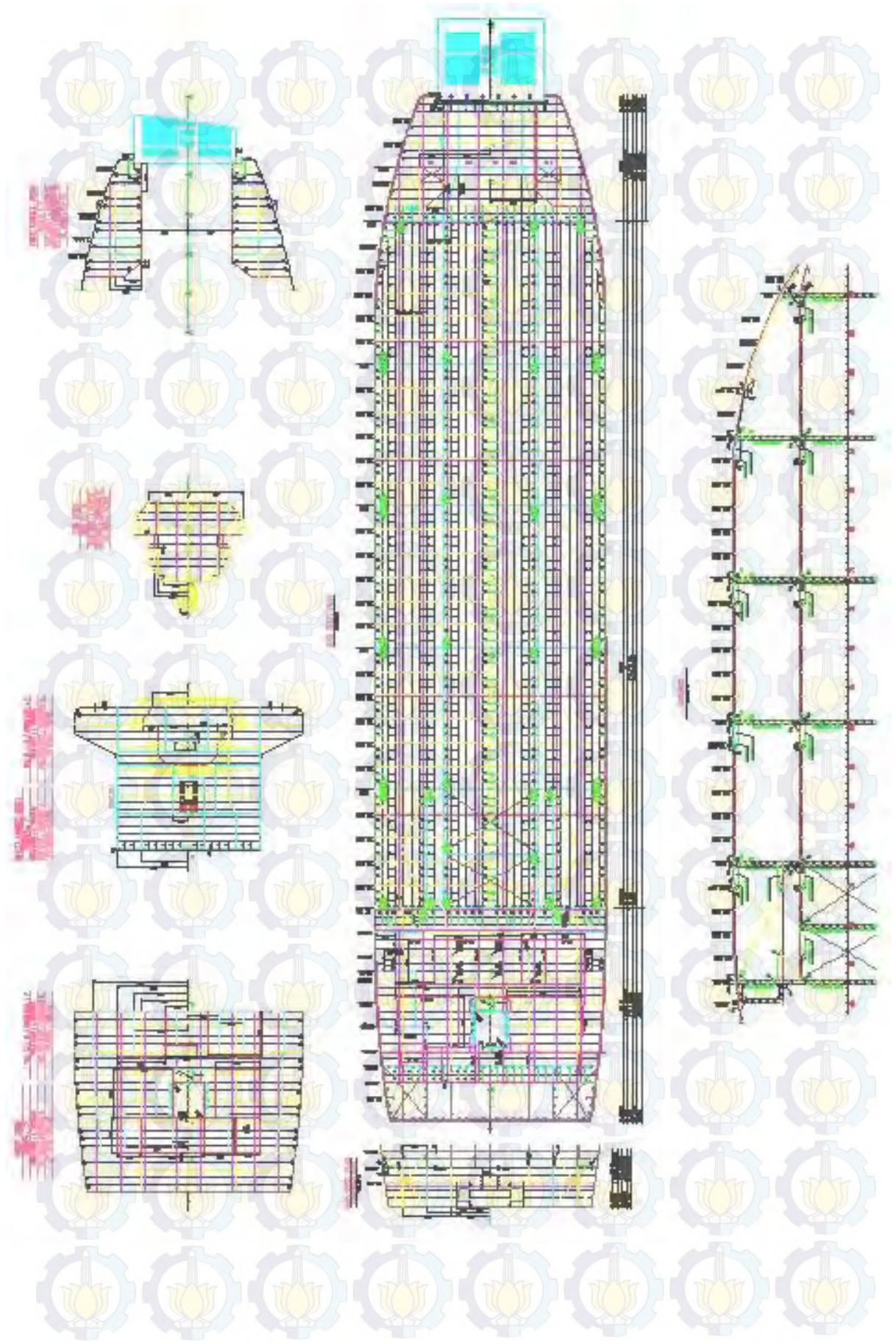
Lampiran 4.
Peralatan Produksi Bambu Laminasi



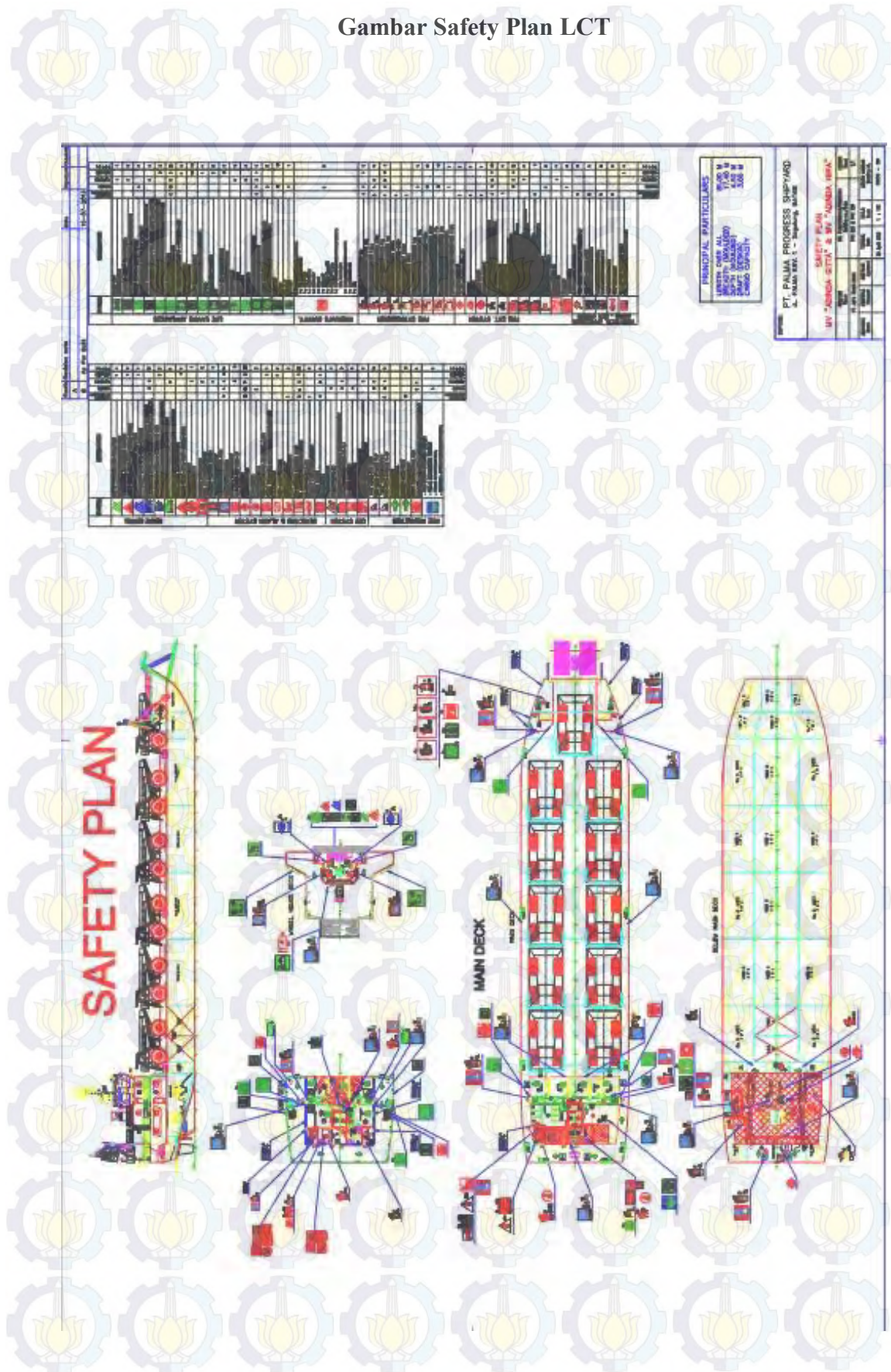
Lampiran 5.

Gambar Construction Profile dan Penampang Melintang LCT





Lampiran 6.
Gambar Safety Plan LCT



Lampiran 7.
Perhitungan Luasan *Deck Covering*, *Ceiling*, dan *Lining*

Ruangan		Deck covering (mm ²)	Ceiling (mm ²)	Lining (mm ²)
Poop Deck				
	emrg. Genset room	4.860.000	4.860.000	24.300.000
	Reefer genset room	12.960.000	12.960.000	40.500.000
	lavatory	6.409.800	6.409.800	27.399.600
	AHU room	4.927.500	4.927.500	24.435.000
	owner's room	15.540.000	15.540.000	42.660.000
	2 Off. & 2 eng. Room	12.210.000	12.210.000	37.800.000
	captain room	13.260.000	13.260.000	39.420.000
	chief officer room	1.122.000	1.122.000	20.142.000
	chief eng. Room	12.240.000	12.240.000	37.800.000
Main Deck				
	2 officer	10.030.000	10.030.000	34.290.000
	4 crews	11.220.000	11.220.000	36.180.000
	4 crews	11.220.000	11.220.000	36.180.000
	office	6.120.000	6.120.000	28.080.000
	clinic	10.200.000	10.200.000	34.560.000
	lavatory	20.720.000	20.720.000	50.220.000
	mess room	20.720.000	20.720.000	50.220.000
	wheel house deck	24.750.000	30.800.000	54.000.000
Total kebutuhan		198.509.300	204.559.300	618.186.600

Lampiran 8. Perhitungan Ekonomis

➤ **Biaya Material**

Perhitungan ekonomis dihitung berdasarkan satu meter kubik bambu adalah sebagai berikut:

- Ukuran balok 1 m³ bambu : 100x100x100 cm
- Harga per bilah @4m : Rp 4.500,00
- Harga tenaga kerja per hari : Rp 75.000,00
- Harga tenaga kerja per jam efektif : Rp 9.375,00
- Coverage area per satu gallon epoxy adalah 250 ft².
1 gallon Epoxy = 4 kg Epoxy
1 kg Epoxy dapat menutupi permukaan seluas **57.600 cm²**
4 kg Epoxy dapat menutupi permukaan seluas 230.400 cm²

➤ **Biaya Tenaga Kerja Bambu Laminasi**

Data perhitungan tenaga kerja untuk memproduksi 1 meter kubik bambu laminasi diasumsikan sebagai berikut:

- Panjang satu batang utuh bambu : 6 m
- Satu batang bambu menjadi : 6 lonjor
- Waktu pembelahan bambu : 0.5 menit/lonjor
- Jumlah bilah panjang 1 meter per lonjor : 10 bilah
- Waktu pemecahan satu lonjor menjadi bilah : 1.5 menit
- Waktu pelurusan dengan mesin pelurus : 0.5 menit/bilah
- Waktu planer : 0.5 menit/bilah
- Waktu pengeleman 1 meter kubik laminasi : 480 menit
- Harga tenaga kerja per hari : Rp 75.000,00
- Harga tenaga kerja per jam efektif : Rp 9.375,00

➤ **Biaya Pembuatan Contoh Produk**

1. Deck Covering

- 25 bilah diratakan dengan mesin multistripsaw = 25 x 0.5 menit = 12,5 menit
- 25 bilah diratakan dengan planar = 25 x 0.5 menit = 12,5 menit
- Waktu pengeleman dan pengepresan = 4x 240 menit = 960 menit

- Total = 985 menit = 16,4 jam
- Biaya tenaga kerja/hari = Rp 75.000,00
- Jam kerja efektif dalam sehari = 8 jam
- Biaya jam orang = Rp 9.375,00
- Biaya tenaga kerja = Rp 155.000,00
- Biaya material bambu = Rp 125.000,00
- Biaya lem = Rp 60.000,00
- Biaya pembuatan contoh produk = Rp 340.000,00**

2. Ceiling dan Lining

Kebutuhan	Harga
Biaya tenaga kerja	Rp 50.000,00
Biaya material bambu	Rp 40.000,00
Biaya lem	Rp 70.000,00
Overhead	Rp 25.000,00
Harga Pokok Produksi	Rp 185.000,00

➤ Biaya Material Laminasi Bambu setiap 1 m³

Volume 1 bilah (cm ³)	Jumlah Bilah	Harga Bilah (Rupiah)	Luas Permukaan Laminasi (cm ²)	Coverage Area Epoxy (cm ² /Kg)	Kebutuhan Epoxy (Kg)	Harga Epoxy per Kg (Rupiah)	Biaya Material (Rupiah)
1	2 (V/1)	3	4	5	6 (4/5)	7	8((2X3)+(6X7))
840	1.191	4.000	2.765.000	57.600	48	135.000	11.242.373,5

➤ Perbandingan Harga Deck Covering Bambu Laminasi dengan Kayu

Jenis kayu	Harga (Rupiah/m ²)
Floring jati A	Rp 430.000,00
Merbau	Rp 350.000,00
Bambu laminasi	Rp 340.000,00

➤ Perbandingan Harga Ceiling dan Lining

Spesifikasi Barang	Ukuran	Harga (Rp.)
Triplek Tebal 3 mm	1220x2440	Rp 42.000,00
Triplek Tebal 4 mm	1220x2440	Rp 52.000,00
Triplek Tebal 6 mm	1220x2440	Rp 95.000,00
Bambu laminasi 6mm	1200 x2400	Rp 185.000,00

➤ **Perbandingan Biaya Penggunaan Material *Deck Covering***

Material	Luasan (a) m ²	Luasan Produk (b) m ²	Kebutuhan (a/b)	HPP	Total biaya (Rupiah)
Jati	198.5	1	198.5	Rp 430.000,00	Rp 85.359.000,-
Merbau	198.5	1	198.5	Rp 350.000,00	Rp 69.479.000,-
Bambu Laminasi	198.5	1.44	137.9	Rp 340.000,00	Rp 46.871.000,-

➤ **Perbandingan Biaya Penggunaan Material *Ceiling***

Material	Luasan (a) m ²	Luasan Produk (b) m ²	Kebutuhan (a/b)	HPP	Total biaya (Rupiah)
Multipleks 6mm	204.56	2.98	68.72	Rp 95.000,00	Rp 6.528.500,-
Bambu Laminasi	204.56	2.88	71.03	Rp 185.000,00	Rp 13.140.000,-

➤ **Perbandingan Biaya Penggunaan Material *Lining***

Material	Luasan (a) m ²	Luasan Produk (b) m ²	Kebutuhan (a/b)	HPP	Total biaya (Rupiah)
Multipleks 6mm	618.19	2.98	207.67	Rp 95.000,00	Rp 19.728.500,-
Bambu Laminasi	618.19	2.88	214.65	Rp 185.000,00	Rp 39.710.000,-

BIOGRAFI PENULIS



Asyrof Muza Faruddin Zanki, lahir di kota Tuban 21 Mei 1991. Menjalani wajib belajar pendidikan dasar Sembilan tahun pada 1999 – 2004 di SDN Bulu Sowo II melanjutkan ke SMPN 1 Jatirogo Tuban, kemudian melanjutkan pendidikannya di SMAN 1 Tuban hingga tahun 2010. Lolos seleksi tes SMPTN taun 2010 dan diterima di Jurusan Teknik Perkalapan FTK – ITS 2010 dengan NRP 4110100015.

Selama masa kuliah penulis aktif di institusi dan Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan selama 2 periode berturut – turut. Pengalaman pelatihan : pelatihan LKMM pra-TD 2010, Pelatihan LKMM-TD 2011.

Guna memenuhi persyaratan menjadi Sarjana Teknik, penulis mengambil Tugas Akhir bidang Industri Perkapalan yang berjudul **“Analisis Teknis dan Ekonomis Penggunaan Bambu Laminasi untuk Deck Covering, Ceiling dan Lining Kapal sebagai Alternatif Pengganti Kayu”**.

e- mail : asyrof.its@gmail.com.